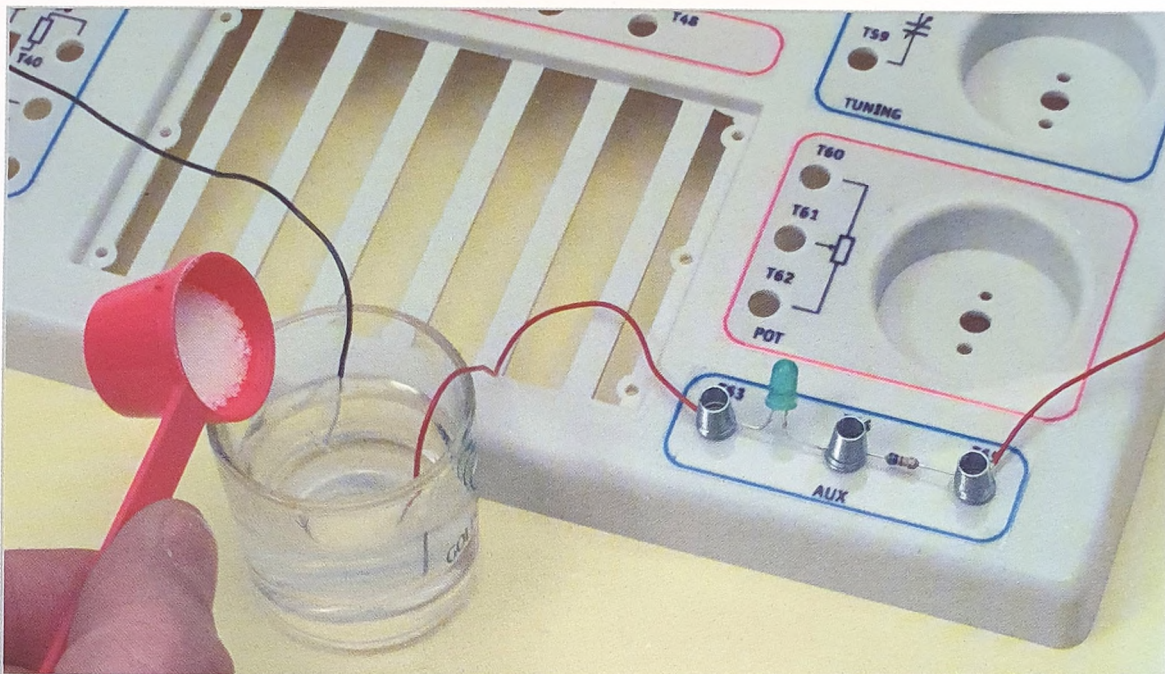
MISURA
MISURA
3

# Conduttività dell'acqua

## L'acqua ha una conduttività che dipende dalla concentrazione di sali in essa disciolti.

La conduttività dell'acqua è normalmente molto bassa e si deve ai sali che in essa sono disciolti, anche se in proporzione molto piccola. L'acqua potabile ammette piccole dosi di alcuni sali, il che è sufficiente perché diventi conduttrice di elettricità. Bisogna essere coscienti di questo fatto, poiché ha i suoi vantaggi e inconvenienti. Non si devono toccare gli apparecchi elettrici con le mani o i piedi umidi e ancora meno scalzi su un suolo umido. Quando si maneggia un apparecchio, sia per ripararlo che per semplice curiosità, dobbiamo assicurarci di essere ben asciutti e isolati dal terreno. In caso non si possano staccare gli apparecchi dalla corrente bisogna utilizzare indumenti e attrezzi isolanti.

### L'esperimento

L'esperimento consiste in un circuito che alimentato da pile di 9 V collega in serie un diodo LED, una resistenza limitatrice e la resistenza che offre l'acqua tra due pezzi di cavi immersi in essa come elettrodi. Prima di introdurre gli elettrodi nell'acqua si possono unire fra loro per una frazione di secondo, per provare che il diodo LED è correttamente collegato e che si illumina, se così non fosse è dovuto a un cattivo contatto oppure al fatto che i collegamenti del diodo LED sono invertiti.

*L'acqua è un elemento conduttore che può riservarci molte sorprese*

### Preparazione

Per realizzare questo esperimento abbiamo bisogno di un bicchiere di vetro o di plastica, un po' di sale comune e un cucchiaino. I circuiti da montare possono essere diversi a seconda che si colleghi prima il diodo o la resistenza. In ognuno dei casi il positivo dell'insieme della pila si collega all'anodo del LED, intercalando la resistenza prima o dopo, e intercalando nel circuito il bicchiere di acqua, in modo tale che si introducano due pezzi di cavo con gli estremi spellati (circa 3 cm) nel bicchiere senza che questi si uniscano.

La resistenza di 560Ω ha lo scopo di limitare il passaggio della corrente nel LED a un massimo di 16 mA, poiché è possibile che circoli molta corrente attraverso questo, specialmente se si toccano incidentalmente entrambi gli elettrodi fra loro.

Il bicchiere si riempirà per circa tre quarti con acqua di rubinetto. Vedremo che il LED non si accende. Aggiungeremo del sale poco a poco, me-

# Conduttività dell'acqua

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | Resistenza 560Ω |
| LED 1 | Diodo LED verde |

scolando con il cucchiaino finché si illumina. Oltre agli ioni che si formano con il sale, si formano altri composti per elettrolisi che contribuiscono ad aumentare la conduttività. Può arrivare a formarsi un gorgoglìo e l'acqua diventerà torbida, questo è dovuto ai sali che si formano per il citato processo di elettrolisi.

## Il sale

L'esperimento è stato realizzato con materiali facili da reperire in casa, ma si può ripetere con altri materiali, anche se è meglio non utilizzare, per precauzione, liquidi altamente infiammabili come alcol, benzina o solventi. Si può provare con olio, aceto, zucchero e con vari sali e composti. Vediamo che in alcuni casi non si raggiunge sufficiente conduttività per abbassare la resistenza del liquido e il diodo LED non si illuminerà. Bisogna verificare che il circuito sia montato correttamente, unendo per un istante i diodi elettrici introdotti nell'acqua.

*Osserva le bolle che si staccano, dovute al fenomeno dell'elettrolisi.*

## Resistenza variabile

In alcuni casi si potrebbe utilizzare l'acqua come resistenza variabile, ma si avrebbero alterazioni in questa per effetto dell'elettrolisi. La resistenza varia anche con la dimensione degli elettrodi e la quantità degli stessi che vengono introdotti nel-

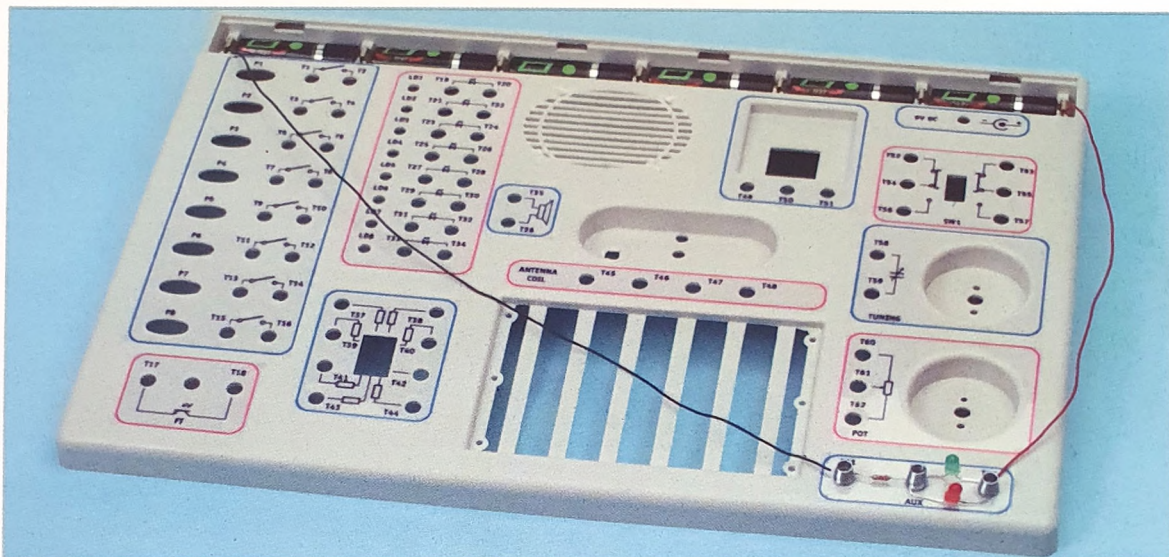
*L'elettrodo negativo si annerisce e il positivo rimane del colore del rame.*

l'acqua. Bisogna anche tener conto della distanza fra loro. Nel montaggio sperimentale si può usare in qualsiasi modo, ma non raccomandiamo il suo utilizzo nel montaggio definitivo. Il fenomeno dell'elettrolisi diventa più importante quanta più corrente si fa passare nell'acqua.

## Precauzioni

Durante la realizzazione dell'esperimento non dobbiamo perdere di vista il bicchiere, poiché si possono formare dei composti che non devono essere ingeriti e per qualche disguido un bambino potrebbe berli. Dopo la realizzazione dell'esperimento bisogna buttare l'acqua immediatamente, anche se all'apparenza è trasparente.

# Verificatori di pile e polarità

## Con un diodo LED e una resistenza si può verificare la polarità delle pile.

L'oggetto di questo esperimento è presentare dei semplici indicatori luminosi costruiti con diodi LED. Si spiega come calcolare la resistenza che si deve mettere in serie con i diodi LED per limitare la corrente che circola attraverso gli stessi. Questo tipo di indicatori sono a volte robusti e durevoli, molto facili da calcolare e costruire, oltre a essere di basso costo. Sono usati per apparecchi portatili, automobili e per grandi varietà di circuiti, come vedremo in seguito.

*Il diodo LED necessita di una resistenza che limiti la corrente*

## Resistenza limitatrice

Nel circuito (A) abbiamo lo schema di base di polarizzazione di un diodo LED. Il montaggio consiste in una resistenza chiamata limitatrice, poiché la sua funzione è di limitare la corrente che attraversa il diodo LED, evitando così la sua distruzione per eccesso di corrente. La tensione nominale alla quale un diodo LED si illumina è di circa 2 V e la corrente non deve superare i 10 mA.

Dobbiamo dire, tuttavia, che questa corrente è consigliabile solo quando otteniamo l'alimentazione da una fonte collegata alla rete, se al contrario l'alimentazione proviene da una pila, è consigliabile limitare la corrente a circa 3 mA, poiché in questo modo, anche se il diodo si illumina un po' meno, allungheremo considerevolmente la durata della pila. Se il diodo LED ha una luminosità molto intensa e l'apparecchio è situato in una zona poco illuminata può bastare 1 mA.

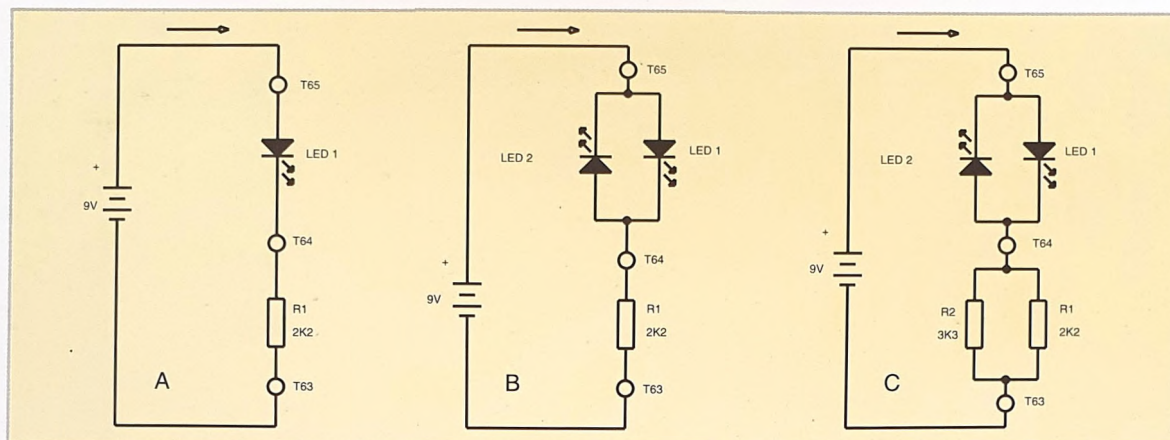
Quando si deve disegnare un circuito bisogna sapere due cose fondamentali: la tensione con la quale lavoreremo e la corrente che passerà nel circuito. In questo caso collegheremo il montaggio a 9 V e vogliamo che passi una corrente di 3 mA, per questo applicheremo direttamente la legge di Ohm

$$R = (9-2)/0,003 = 2,333\Omega$$

Se guardiamo tra i nostri componenti, abbiamo una resistenza di un valore molto approssimato, 2K2, perciò la corrente che passa è un po' più elevata: I = (9-2)/2K2 = 3,18 mA.

## Esperimento A

Per realizzare il montaggio utilizzeremo lo schema (A). Il circuito è molto semplice, T63, T64 e T65 sono le molle del nostro laboratorio, che inclineremo verso un lato per introdurre il terminale del componente che dobbiamo collegare. Metteremo i terminali della resistenza nelle molle T63 e T64, senza alcuna considerazione. Il diodo LED sarà collegato al terminale più lungo (anodo) nella molla T65 e il più corto (catodo) nella T64. Adesso possiamo collegare il cavo rosso a T65 e il nero a T63. Il fissaggio lo faremo, come con i componenti, inclinando la molla e in-

# Verificatori di pile e polarità

troducendo il filo, soltanto dopo la molla. Se colleghiamo i cavi rosso e nero rispettivamente ai contatti positivo e negativo del gruppo di pile, vedremo che il LED verde si illumina.

## Verifica di pile e polarità

Senza togliere il montaggio (A) delle molle, aggiungiamo un nuovo diodo LED, in questo caso rosso, così come lo vediamo nel circuito (B). Collegheremo questo diodo mettendo il terminale corto (catodo) nella molla T65 e il terminale lungo (anodo) nella molla T64.

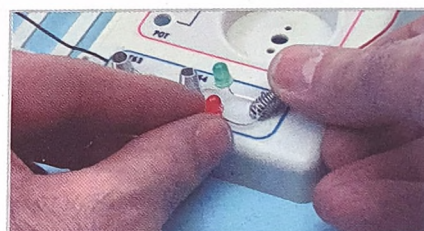
Nel circuito che abbiamo appena realizzato osserveremo che se colleghiamo il cavo rosso nel contatto positivo dell'insieme di pile e il cavo nero nel contatto negativo, si illuminerà il diodo LED verde, mentre al contrario, se colleghiamo il cavo rosso al terminale negativo e il nero al positivo, si illuminerà il diodo rosso ma non il verde. In questo modo abbiamo costruito un verificatore di polarità delle pile. Si illumina soltanto un diodo LED in ogni senso, poiché la corrente che circola è la stessa e il diodo si illumina allo stesso modo quando la polarizzazione è corretta (diodo verde) e quando non lo è (diodo rosso).

Se ora invece di toccare con il cavo rosso il contatto finale delle pile, tocchiamo i contatti intermedi, vediamo che il diodo LED ha una minore intensità luminosa quanto minore è la tensione, essendo pochissima quando colleghiamo solo due pile, cioè 3 V. Quando mettiamo i cavi fra gli estremi di una sola pila, il LED non si illumina, poiché abbiamo solo 1,5 V e ci vogliono almeno 1,8 V per far illuminare qualcosa, e si consigliano 2 V per una buona illuminazione.

**COMPONENTI**

**CIRCUITO A:**
R1 Resistenza 2K2
LED 1 Diodo LED verde

**CIRCUITO B:**
R1 Resistenza 2K2
LED 1 Diodo LED verde
LED 2 Diodo LED rosso

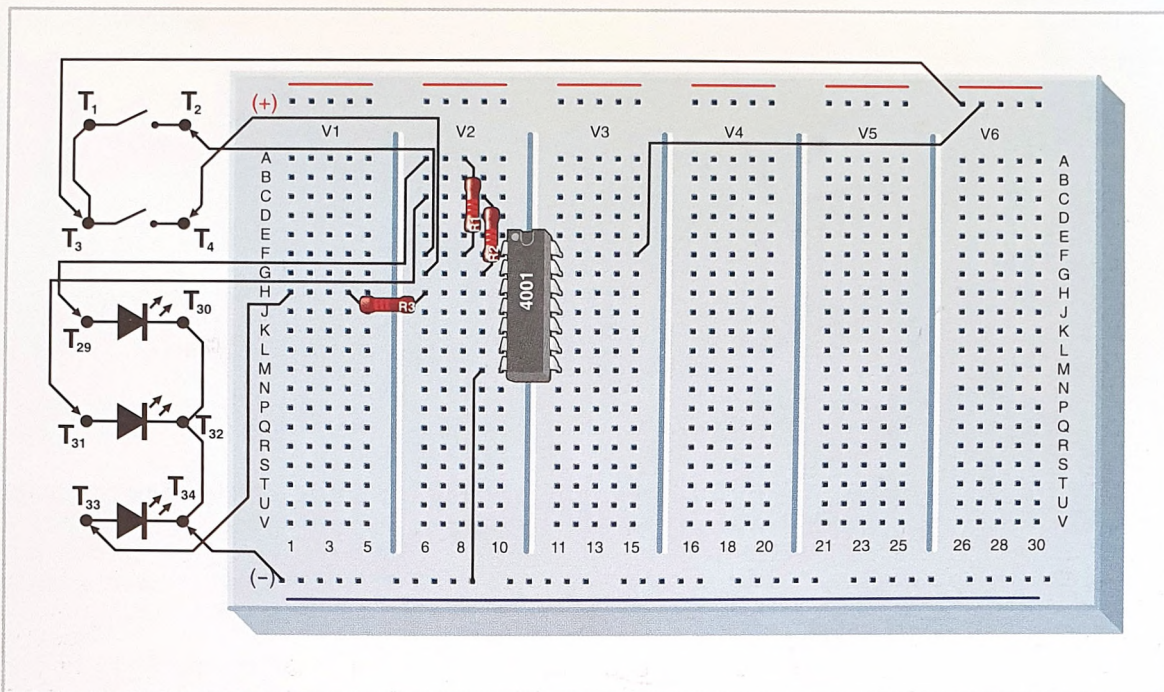
**CIRCUITO C:**
R1 Resistenza 2K2
R2 Resistenza 3K3
LED 1 Diodo LED verde
LED 2 Diodo LED rosso

*Dettaglio dell'incorporazione del LED rosso, che si illuminerà se si collega il rivelatore di polarità invertito.*

*Il diodo LED si illumina meno quando la tensione accertata è minore (2 pile = 3 V).*

## Indicatori per automobile

Perché il nostro circuito serva per verificare una batteria di automobile vediamo cosa dobbiamo fare. In primo luogo lavoreremo con una tensione di 12V e limiteremo la corrente del circuito a 10 mA , perciò: R = (12-2)/0,01 = 1K ma poiché non otteniamo questo valore assoceremo in parallelo le resistenze di 3K3 e 2K2 per ottenere 1,32 K, che è un po' più di quello che vogliamo, ma rimane uguale, perché non succede niente se circola meno corrente. Tuttavia se si fosse ottenuto meno di 1 K non sarebbe stato consigliabile inserirla perché si potrebbe danneggiare il LED.

# Verifica del CI 4001

## Il circuito integrato 4001 ha nel suo interno quattro porte NOR con due ingressi ciascuna.

I circuiti logici possono essere utilizzati facilmente, ma per non trovarci di fronte a sorprese inaspettate è consigliabile verificarne il funzionamento. I circuiti CMOS sono abbastanza delicati, motivo in più per portare a termine questa rapida verifica. Continuiamo ad addentrarci nell'elettronica digitale con un integrato della famiglia CMOS, il 4001, il quale contiene quattro porte NOR – porte OR seguite da un invertitore. Abbiamo finora utilizzato questa famiglia – e continueremo a farlo – perché ci garantisce una notevole flessibilità di alimentazione; è adeguata, infatti, ai nostri progetti perché può essere alimentata con l'alimentazione da 9 Volt del nostro laboratorio.

*In caso di guasto, si deve verificare il funzionamento di ogni porta.*

## Preparazione

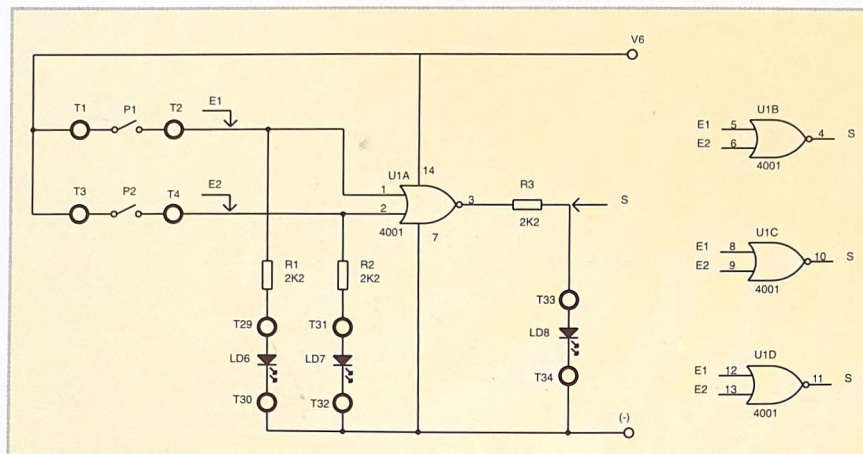
Prima di iniziare il montaggio dobbiamo conoscere la distribuzione delle porte del circuito integrato con cui lavoreremo. Non dobbiamo assolutamente effettuare i collegamenti alla cieca, senza, cioè, disporre del relativo schema, perché, oltre a perdere tempo, correremmo il rischio di distruggere la porta, l'integrato e anche qualche altro circuito dell'apparecchio se non addirittura l'alimentazione. Detto questo, dobbiamo capire se l'integrato che abbiamo in mano è quello che vogliamo in realtà: è facilissimo sbagliarsi dato che sulla sua targhetta ci sono solitamente molti numeri, oltre alle lettere, che possono indurci in errore.

## Il circuito

Se osserviamo la tavola della verità, vedremo che sia all'entrata che all'uscita abbiamo degli 'uno' e degli 'zero'. Il metodo più veloce per verificarlo è quello di collocare un diodo LED a ciascuna delle sue entrate e all'uscita: così, quando si accenderà ci indicherà un 'uno', mentre quando rimarrà spento, ci indicherà uno 'zero'. In questo modo visivo, e aiutandoci con i pulsanti P1 e P2 per le entrate, verificheremo rapidamente e sicuramente le quattro porte del circuito integrato.

## L'esperimento

Per verificare l'integrato 4001, lo introdurremo nella piastra dei prototipi e lo alimenteremo colle-

# Verifica del CI 4001

**COMPONENTI**

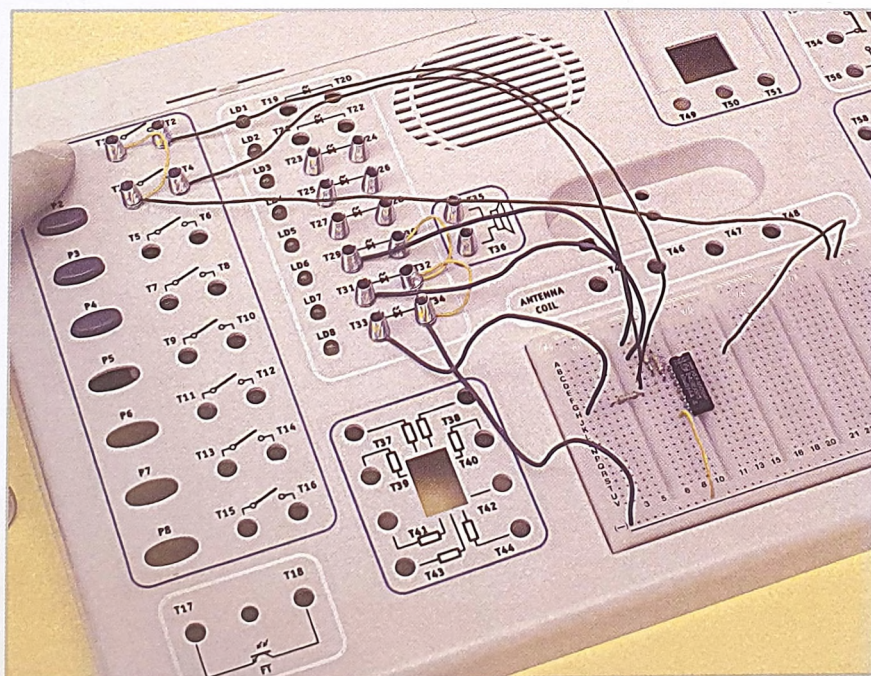
| | |
|---|---|
| R1,R2,R3 | 2K2 |
| U1 | 4001 |
| P1,P2 | |
| LED6, LED7, LED8 | |

gando il positivo dell'alimentazione (V6) al terminale 14 del circuito integrato e il negativo al terminale 7. In seguito, monteremo il circuito collegando le entrate della porta da verificare, E1 e E2, ai punti E1 e E2. In situazione di riposo, quando, cioè, non premiamo alcun pulsante, stiamo introducendo nelle due entrate degli 'zero'; quando, invece, pigiamo P1 e P2 introduciamo degli 'uno'. Terminata la verifica di una porta, passeremo alla successiva fino a quando non avremo esaminate tutte e quattro le porte dell'integrato. Dovremo fare attenzione a non applicare mai tensione a un'uscita perché potremmo danneggiare il circuito integrato.

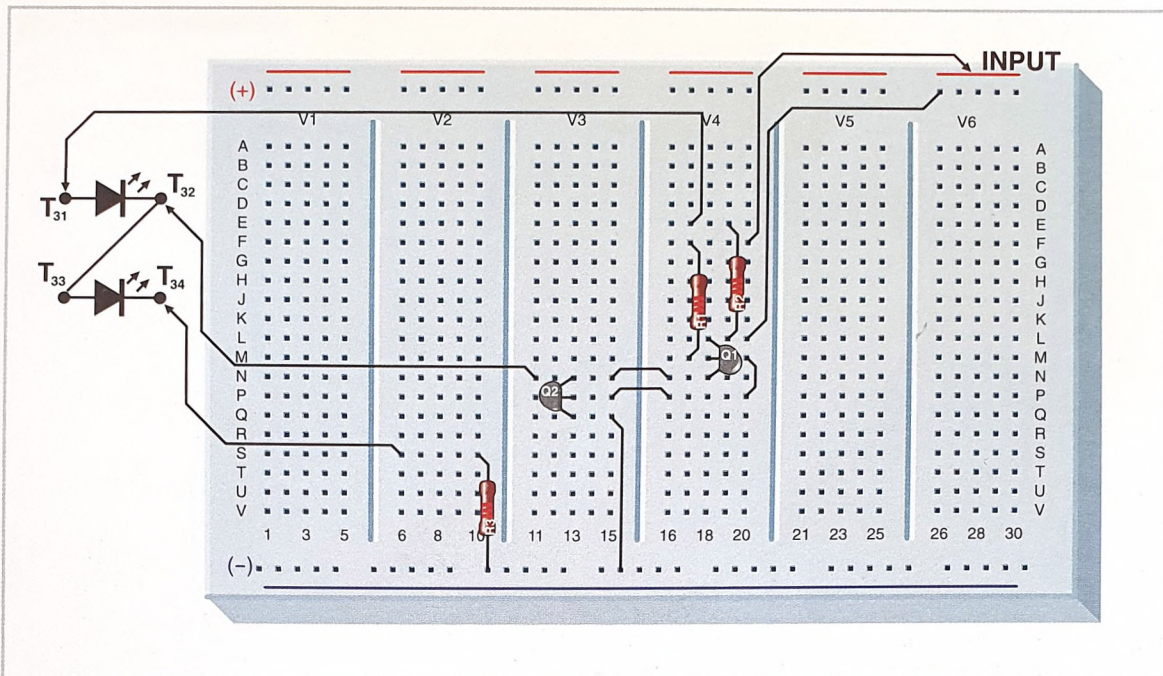
**Tavola della verità**
Porta NOR

| E1 | E2 | S |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

## Consigli

Anche se la famiglia CMOS consuma molto poco – il circuito interno, cioè, consuma poco –, in questo caso stiamo utilizzando tre diodi LED che hanno un consumo di corrente abbastanza importante, che non è significativa per una veloce verifica, ma che se si dimentica di scollegarlo consumerà in breve tempo le pile. In genere si consiglia di togliere i cavi di connessione che vanno a uno qualunque dei terminali da V1 a V6 nel caso in cui stessimo utilizzando delle batterie; c'è anche la possibilità di utilizzare un alimentatore esterno, nel qual caso, e se togliamo le pile, dovremo prendere l'alimentazione tra (-) e V6.

*Montaggio finalizzato alla verifica del circuito integrato 4001.*

# Indicatore di livello logico

## Se viene collegato all'uscita di un circuito logico, ci indicherà lo stato della medesima.

Il circuito possiede due diodi LED, di cui se ne illuminerà soltanto uno a seconda dello stato logico delle uscite del circuito a cui si collega. È utilissimo per rappresentare visivamente lo stato dell'uscita, o di un qualche punto intermedio, di un circuito logico. Se l'entrata (INPUT) è a livello alto, il diodo LED LD8 si illuminerà, mentre se è a livello basso, si illuminerà il diodo LED LD7. Ci avvisa anche quando non è collegato perché entrambi i diodi saranno illuminati.

## Il circuito

Il circuito è basato su due transistor, uno di tipo PNP e l'altro di tipo NPN, collegati come interruttori elettronici. Quando all'entrata arriva un livello logico alto, che si può simulare collegando direttamente a V6 il terminale INPUT, il transistor Q1 conduce, arrivando praticamente alla saturazione e lasciando passare corrente attraverso di sé; con ciò la tensione tra il suo collettore e il suo emettitore diventa piccolissima, dato che il diodo LED LD7 si spegne. In questo caso, il transistor Q2 è interdetto, cioè non conduce. La corrente che circola attraverso il transistor Q1 attraversa il diodo LED LD8 e la sua corrispondente resistenza di polarizzazione.

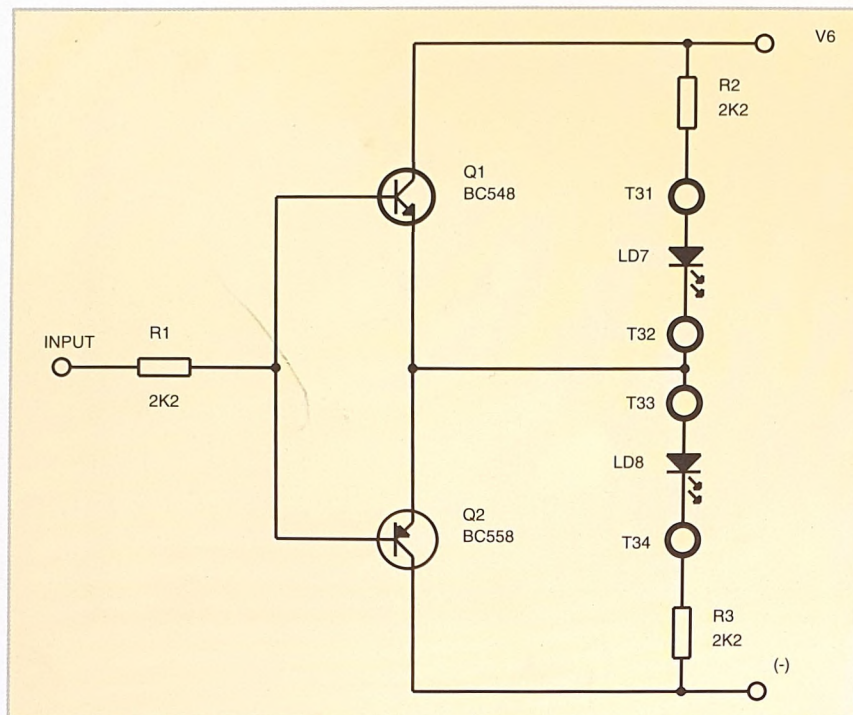
## Livello basso

Se, contrariamente a quanto abbiamo fatto nel precedente caso, applichiamo all'entrata INPUT un livello basso, unendo, ad esempio, questa entrata allo 'zero' dell'alimentazione, segnato come (-) sulla piastra di sperimentazione, il transistor Q1 smette di condurre, mentre conduce il transistor Q2, anche se la tensione tra il suo collettore e il suo emettitore è piccolissima, il diodo LED LD8 smette di condurre e la corrente che attraversa Q2 può arrivare soltanto attraversando il LED LD7 e la resistenza R2.

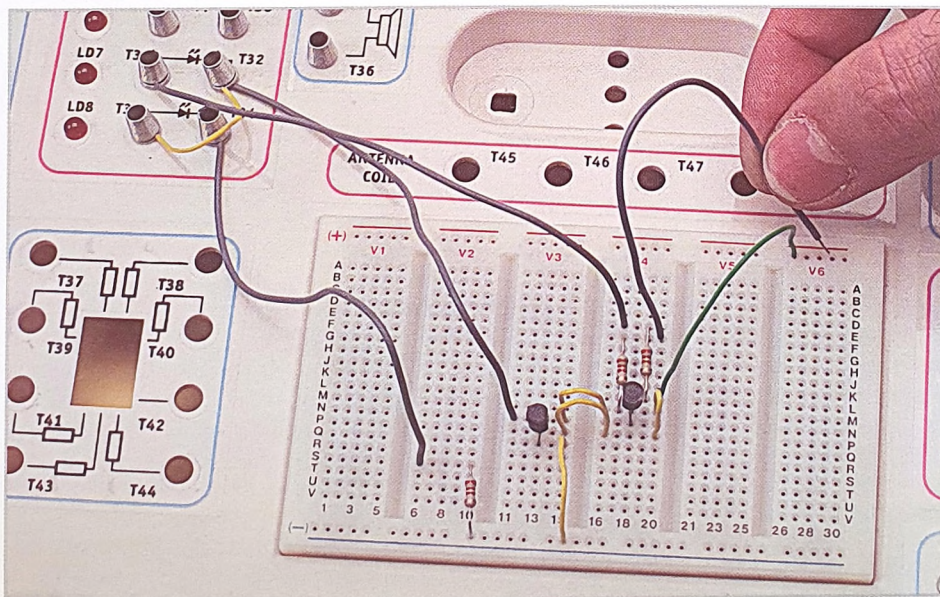
## Senza connessione

Se si lascia la connessione INPUT libera, nessuno dei due diodi conduce; la corrente, quindi, circolerà tra V6 e (-) attraversando la resistenza R2, il LED 7, il LED 8 e la resistenza R3. In questo caso i due diodi LED rimarranno illuminati, ma con una luminosità minore. Collegando l'entrata a uno dei livelli logici, alto o basso, uno dei LED si spegnerà.

*Indicatore di stato luminoso*

# Indicatore di livello logico

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1,R2,R3 | 2K2 |
| Q1 | BC548 |
| Q2 | BC558 |
| LED7, LED8 | |

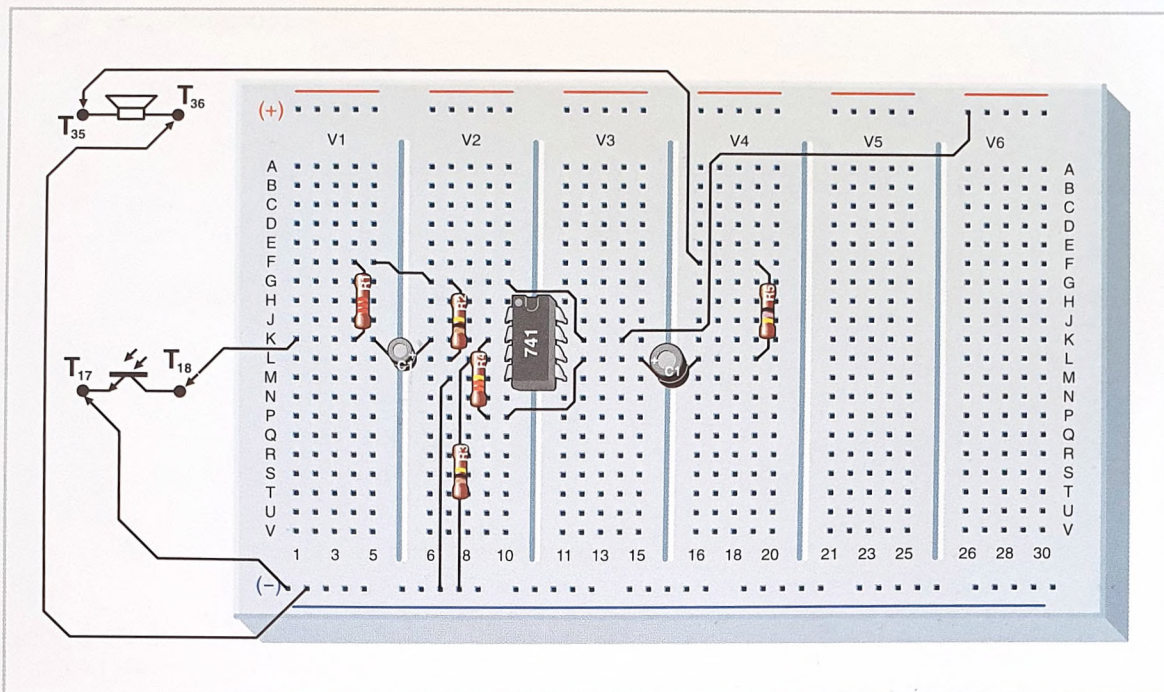
## Il montaggio

Il montaggio è semplice e veloce, ma si deve far attenzione a non confonderci tra il transistor BC548 e il BC558. Questi transistor hanno i terminali distribuiti nella medesima maniera, ma hanno le loro polarità diverse e non possono essere scambiati. Non dobbiamo dimenticare la connessione tra i due emettitori dei transistor e il punto di unione dei terminali T32 e T33.

*Il circuito rivela se la sua entrata è sconnessa, oppure se il livello d'entrata è 'zero' o 'uno'.*

## Utilizzo

Questo circuito può essere montato per fare esperimenti, ma è più pratico collegarlo all'uscita di un circuito digitale per indicarci se la sua uscita è un 'uno' o uno 'zero'.

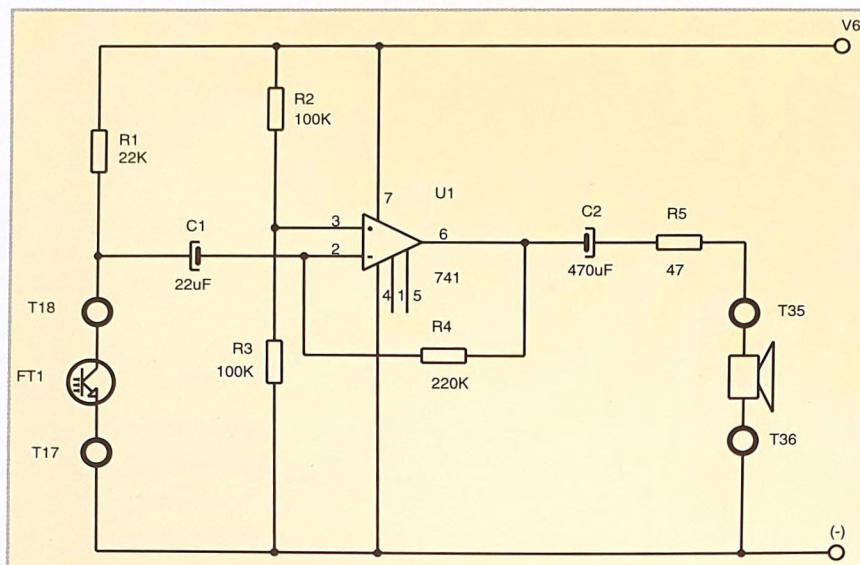
# Rilevatore di luce artificiale

## Rileva quando il fototransistor è illuminato da una lampadina "eccitata" da corrente alternata.

Questo circuito rileva la presenza di luce artificiale proveniente dalla rete di distribuzione dell'energia, che è alternata – circa 50 o 60 Hz, a seconda di quale sia il paese in cui ci troviamo. Quando sul fototransistor cade la luce che proviene da una lampada a corrente alternata – sarà sufficiente una lampadina standard – si sente un suono dall'altoparlante. Se togliamo questa illuminazione e la sostituiamo con quella di una torcia, non sentiremo nessun suono; la stessa cosa succede se lo illuminiamo con una torcia portatile collegata alla batteria di un'autovettura. Anche se vi incide la luce del sole, il circuito rimane in silenzio.

*Indicatore acustico di luce artificiale*

## Il circuito

Il circuito utilizza un amplificatore operazionale disposto in modo che abbia un guadagno elevato, che cioè amplifichi di molto il segnale che si applica alla sua entrata. Per poter funzionare con un'alimentazione asimmetrica, si utilizza un divisore di tensione formato dalle resistenze R2 e R3 per ottenere la metà di questa tensione di alimentazione e applicarla all'entrata non invertente dell'operazionale. Se andiamo ad osservare l'entrata del circuito, vedremo che attraverso la resistenza R1 circola una corrente che attraversa il fototransistor quando la base di quest'ultimo si illumina. Il terminale T18, che corrisponde al collettore del transistor, viene portato all'entrata invertente dell'amplificatore operazionale 741, piedino 2. Se la fonte di luce è continua, nel collettore del transistor ci sarà un livello di tensione continua che non passa all'operazionale a causa del condensatore di disaccoppiamento C1, ma se la luce proviene da una lampadina della rete, è discontinua – l'occhio umano non percepisce l'alternanza della frequenza di rete, ma il fototransistor la capta. Ne consegue che questa alternanza nel collettore del fototransistor appare come una tensione alternata che passando attraverso il condensatore giunge all'entrata dell'amplificatore operazionale. Quest'ultimo la amplifica notevolmente e quindi alla sua uscita appare un'onda quadrata con la medesima frequenza della rete, 50 o 60 Hz. Questo segnale è udibile all'altoparlante.

# Rilevatore di luce artificiale

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 22 K |
| R2, R3 | 100 K |
| R4 | 220 K |
| R5 | 47 Ω |
| C1 | 22 µF |
| C2 | 470 µF |
| U1 | 741 |
| FT | |
| ALTOPARLANTE | |

## Esperimento 1

Una volta che si sia realizzato il montaggio del circuito sulla piastra dei prototipi, accenderemo una lampadina artificiale alimentata dalla rete – è sufficiente una qualunque luce di uso domestico, anche le lampadine che erogano l'illuminazione in ogni appartamento. Quando la luce illuminerà il fototransistor, l'altoparlante emetterà un suono facilmente identificabile. Se il circuito viene posto alla luce del sole, non sentiremo nessun suono.

## Esperimento 2

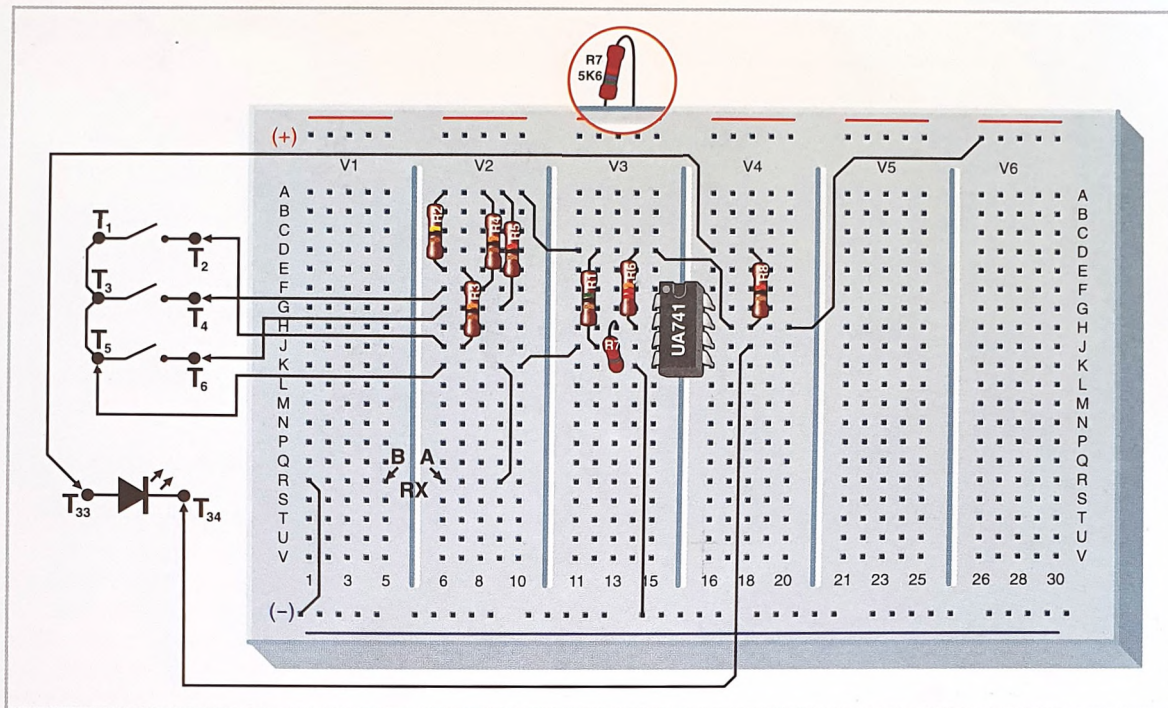
Se mettiamo il circuito al buio e lo illuminiamo con una torcia elettrica, il circuito rimarrà in silenzio. Potrebbe essere che emetta un "clac clac" quando accendiamo o spegniamo la torcia, ma per il rimanente tempo rimarrà in silenzio.

*Quando rileva luce artificiale, l'altoparlante emette un suono.*

## Esperimento 3

Il circuito è utilissimo per verificare i telecomandi a infrarossi, che sono normalmente utilizzati per i televisori e i videoregistratori. Si direziona il telecomando di fronte al fototransistor e si sentirà un suono intermittente che indicherà che il telecomando sta inviando un fascio di luce infrarossa. Questo circuito non rileva il segnale dei telecomandi che usano radiofrequenze, utilizzati in alcuni circuiti di allarme per automobili.

# Misuratore di valori delle resistenze

## Possiamo determinare in quale campo di valori sia la resistenza sconosciuta.

Le resistenze hanno un codice a colori che, a volte, è difficilmente distinguibile e possono sorgere molti dubbi sul valore della resistenza presa in esame. Per aiutarci a capirne l'esatto valore, è stato progettato questo circuito che raggrupperà direttamente all'interno di determinati valori le resistenze che avremo intenzione di misurare.

### Il principio

Il montaggio ha cinque campi di misurazione: maggiori di 270K, tra 270K e 27K, tra 27K e 2K7, tra 2K7 e 330Ω e minori di 330Ω. Il circuito è fondamentalmente un circuito comparatore che si avvale di un amplificatore operazionale. La resistenza che vogliamo misurare si colloca tra i terminali A e B del circuito. Con tutti i pulsanti non premuti, se il diodo LED si illumina, la resistenza è minore di 270K, mentre se non si illumina vorrà dire che è superiore a 270K. Se il diodo LED si illumina, premiamo P1: se il LED non si illumina, la resistenza è nel campo da 27K a 270K. Nel caso in cui il LED continui a rimanere illuminato, premiamo P2: se adesso il LED si spegne, la resistenza è nel campo da 27K a 2K7, mentre se continua a rimanere acceso, pigeremo P3. In questo caso, se il diodo si spegne, vuol dire che la resistenza sarà nel campo 2K7 a 330Ω. In caso contrario, la resistenza avrà un valore minore di 330Ω.

*Classifica le resistenze in cinque gruppi*

### Il montaggio

Per riuscire ad avere questo funzionamento così semplice ed efficiente, abbiamo utilizzato valori di resistenze per determinare i diversi ranghi per le misurazioni. Così, eviteremo di dover fare calcoli. Per cominciare, all'entrata negativa dell'operazionale abbiamo collocato una tensione fissa, che ci servirà da riferimento per il confronto con quella dell'entrata e quelle delle scale. Se il diodo è acceso, è perché la resistenza da verificare Rx, insieme con quella della scala del misuratore – che "costruiremo" premendo qualche pulsante – è minore di quella del rango misurato. La caduta di tensione tra i suoi estremi, quindi, sarà minore e all'entrata positiva avremo meno tensione che all'entrata negativa e l'uscita rimarrà a livello basso. Dob-

# Misuratore di valori delle resistenze

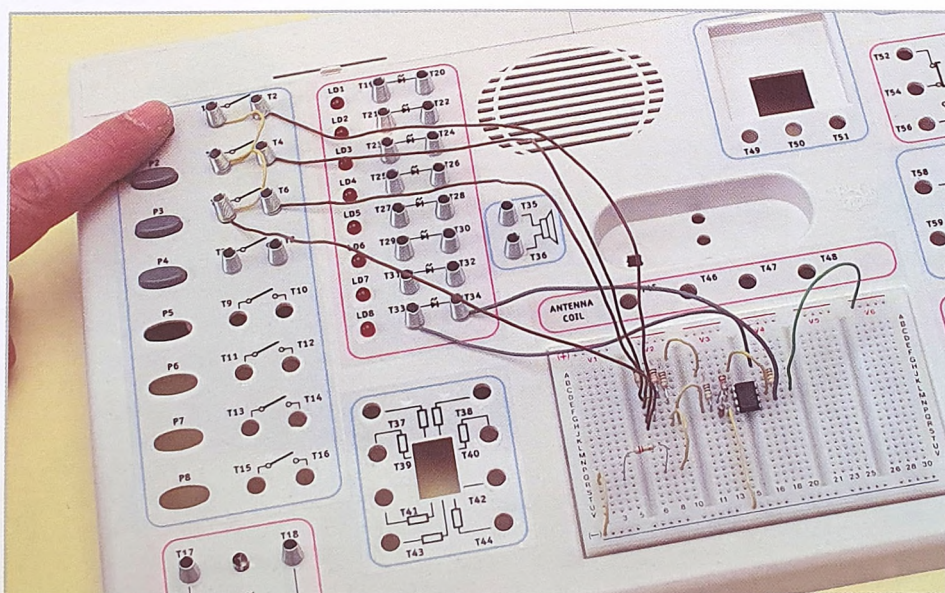
## COMPONENTI

| | |
|---|---|
| R1 | 1 M |
| R2 | 100 K |
| R3, R4 | 10 K |
| R5, R8 | 1 K |
| R6 | 22 K |
| R7 | 5K6 |
| U1 | 741 |
| P1, P2, P3 | |
| LD8 | |

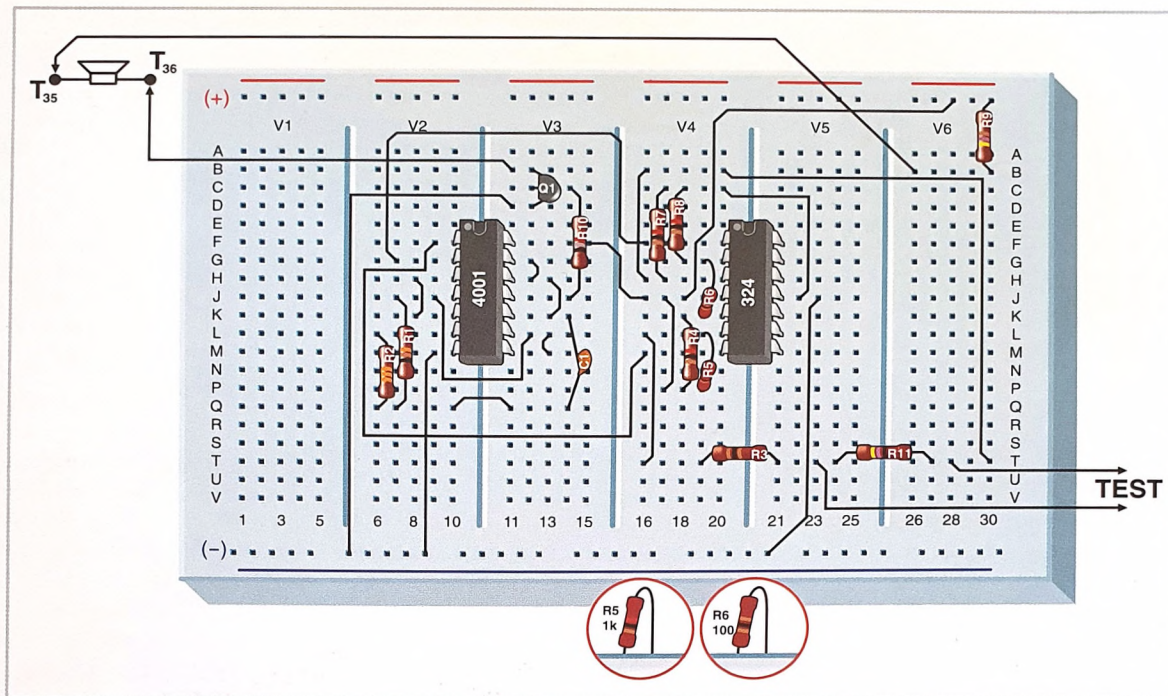
biamo considerare che l'uscita dell'operazionale è collegata al positivo, per cui il diodo LED si illuminerà quando l'uscita sarà a livello basso e si spegnerà quando sarà a livello alto. Quando vorremo avere come risultato un'uscita invertita, utilizzeremo sempre questa connessione. Se le pile sono un po' scariche, a R7 si deve aggiungere in serie una resistenza da 470 Ω.

## Esperimenti

Con i componenti che abbiamo nel circuito, potremo effettuare le misurazioni all'interno dei campi indicati. Tuttavia, i valori possono variare per via della tolleranza dei vari componenti e, quindi, se ne deve verificare il funzionamento in pratica con delle resistenze di cui si conosca il valore.

Un altro esperimento che potremo effettuare è quello di invertire l'illuminazione del diodo LED, per cui dovremo collegarlo mediante R8 tra l'uscita dell'operazionale e la massa.

*La resistenza da verificare va collegata tra i punti A e B del circuito.*

# Misuratore di continuità

## Il circuito serve a rilevare degli errori nelle connessioni.

Quando un circuito non funziona, se ne deve individuare la causa; molte volte è dovuto a cavi mal connessi o anche a cortocircuiti nelle piste del circuito stampato, oppure a difetti di saldatura.

**Indica un errore al di sotto dei 10 Ω**

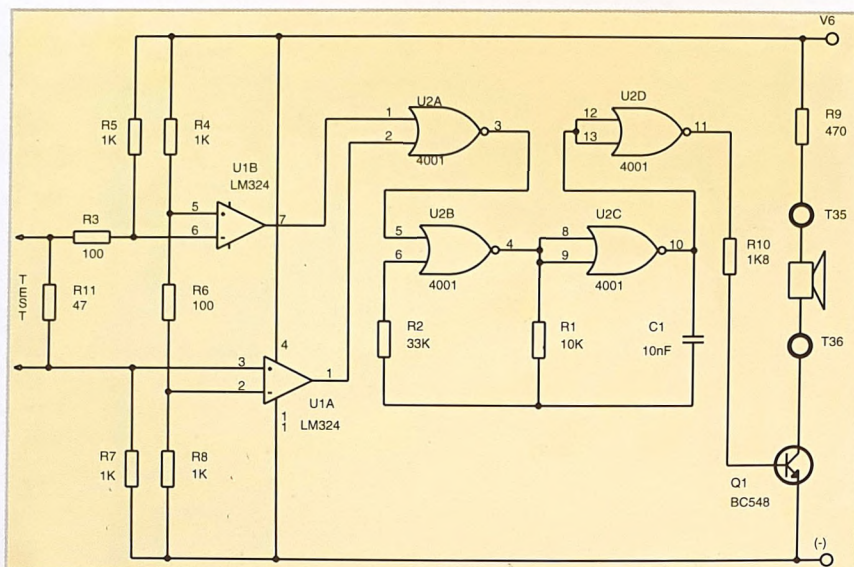
Perché una connessione sia buona, deve avere una resistenza bassissima. Questo circuito emette solamente un suono quando la resistenza misurata tra i suoi terminali di prova è inferiore a 10 Ω. Questo è un vantaggio rispetto agli altri sistemi che indicano la continuità anche se la resistenza misurata è grande, come succede di norma nelle apparecchiature costituite da un LED che si illumina, o in un campanello piezoelettrico in serie con una pila.

## Il circuito

Il circuito è costituito da due parti evidentemente differenziate. Da una parte abbiamo il rilevatore di impedenza, basato sui due operazionali dell'LM324 e dall'altro, a destra, il circuito di avvertimento che ci avvisa con un suono quando c'è la continuità. Analizziamo dettagliatamente il circuito, così da capirne il funzionamento. La base del circuito è un montaggio comparatore a finestra che rileva se la resistenza è minore di 10 Ω . In situazione di riposo, con il circuito semplicemente alimentato, la tensione nel terminale 6 di U1 è maggiore di quella del terminale 5 e, quindi, l'uscita 7 è uno '0'. D'altra parte, l'uscita del terminale 2 è maggiore di quella del terminale 3 e, quindi, l'uscita del terminale 1 è un altro '0'. Questi due '0' applicati alla porta logica U2A producono un '1' alla sua uscita, cosa che non permette di oscillare all'oscillatore e quindi la sua uscita rimane fissa a livello alto. Perché questa tensione non abbia nessun effetto sul transistor, la si inverte per mezzo della porta U2D. Se, adesso, inseriamo una resistenza con un valore basso verifichiamo il circuito stampato (cortocircuitando i terminali di ingresso T63 e T64) gli operazionali variano il loro stato logico e quindi l'uscita di U1B passerà a livello alto; l'uscita della porta U2A, quindi, sarà uno '0' e l'oscillatore si avvierà, indicandoci con l'emissione di un suono che c'è la continuità.

## Funzionamento

Perché funzioni normalmente, collocheremo a ciascuno dei terminali T63 e T64 un filo di cui avre-

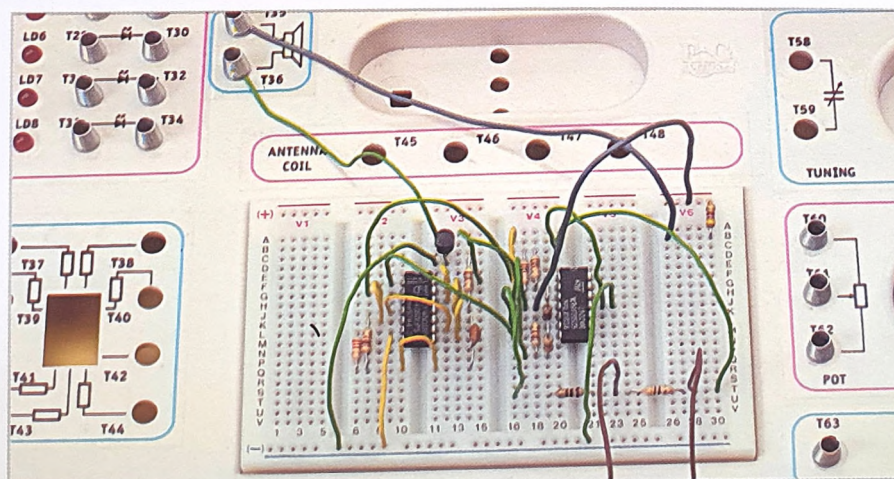
# Misuratore di continuità

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 10 K |
| R2 | 33 K |
| R3, R6 | 100 Ω |
| R11 | 47 Ω |
| R4, R5, R7, R8 | 1 K |
| R9 | 470 Ω |
| R10 | 1 K8 |
| C1 | 10 nF |
| Q1 | BC548 |
| U1 | LM324 |
| U2 | 4001 |
| ALTOPARLANTE | |

mo spelato le estremità così da utilizzarle come puntali di prova di uno strumento di misura. I puntali sono collocati ai due estremi del cavo o del circuito di cui vogliamo verificare la continuità. Se c'è continuità, il circuito produce un suono, se non c'è, logicamente non emette alcun suono. Chiaramente, se il circuito serve per rilevare l'esistenza della continuità, è utile anche per segnalare dei guasti dovuti a cortocircuito.

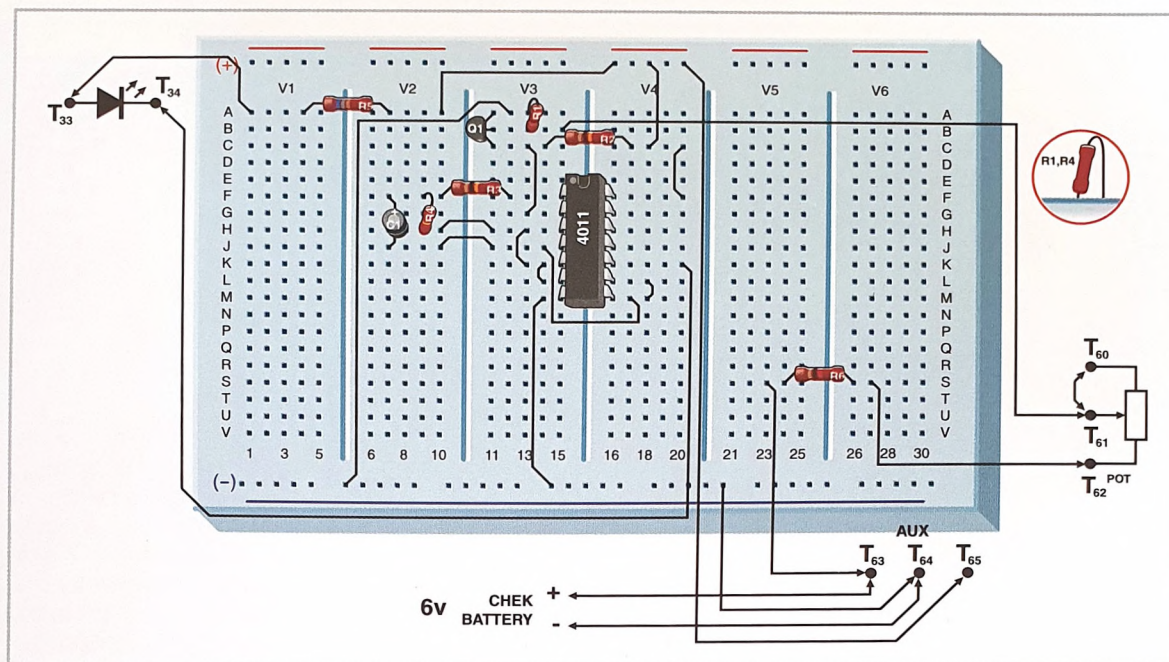
## Avviamento

Collegata l'alimentazione, e senza mettere niente alle estremità della resistenza R11, il circuito deve rimanere in silenzio. Per verificarne il corretto funzionamento, si uniscono tra loro i terminali di prova T63 e T64 mediante un filo: si dovrebbe udire chiaramente un suono. Se così non fosse, verificheremo l'alimentazione dei due integrati, la loro collocazione, oltre a quella del transistor, e tutte le connessioni in genere.

## Esperimenti

Se colleghiamo una resistenza da 470 Ω tra i terminali di prova, il circuito non deve emettere suono, indicando così una mancanza di continuità. Nel circuito, possiamo cambiare la frequenza dell'oscillatore, per variare il suono prodotto dall'altoparlante. Se vogliamo che il suono sia più acuto – maggior frequenza – diminuiremo R1 e/o C1. Perché sia più grave, dovremo fare esattamente il contrario. Per aumentare il volume dell'altoparlante, ridurremo la resistenza della base, mettendo in parallelo con R9 un'altra resistenza uguale da 470 Ω. Non conviene abbassare troppo questo valore perché potremmo distruggere sia il transistor che la resistenza da 470 Ω. Un altro modo per arrivare a questo fine è quello di abbassare un poco il valore di quest'ultima resistenza.

*L'altoparlante indica la continuità.*

# Indicatore di carica della batteria

## L'indicatore, mediante un LED, indica se la batteria ha la tensione bassa.

Conviene sapere quando le batterie si stanno scaricando, per poterle cambiare in tempo. Per sapere se una batteria ha la tensione bassa, la colleghiamo al nostro circuito e il diodo LED inizierà a lampeggiare quando la tensione cade: è arrivato il momento di cambiare la batteria.

### Funzionamento

Il circuito ha un rilevatore di caduta della tensione della batteria collegato ai terminali d'entrata A e B: se la batteria è in buono stato, il circuito rilevatore manterrà il proprio stato ad un livello che non attiva l'oscillatore astabile con porte NAND a cui è collegato. Questo oscillatore è collegato ad un LED che indicherà la caduta di tensione della batteria.

Non potendo collegare direttamente al LED l'uscita dell'oscillatore, la invertiamo. Dato che in stato di riposo l'uscita dell'oscillatore è a livello basso, che invertito sarà alto, collegheremo il LED al positivo, così che in questa situazione non si accenda. Quando il rilevatore riceve la caduta di tensione al di sotto di un determinato livello, la sua uscita cambia di stato e l'oscillatore astabile si attiva, facendo sì che il LED si illumini alternativamente, avvisandoci così della situazione.

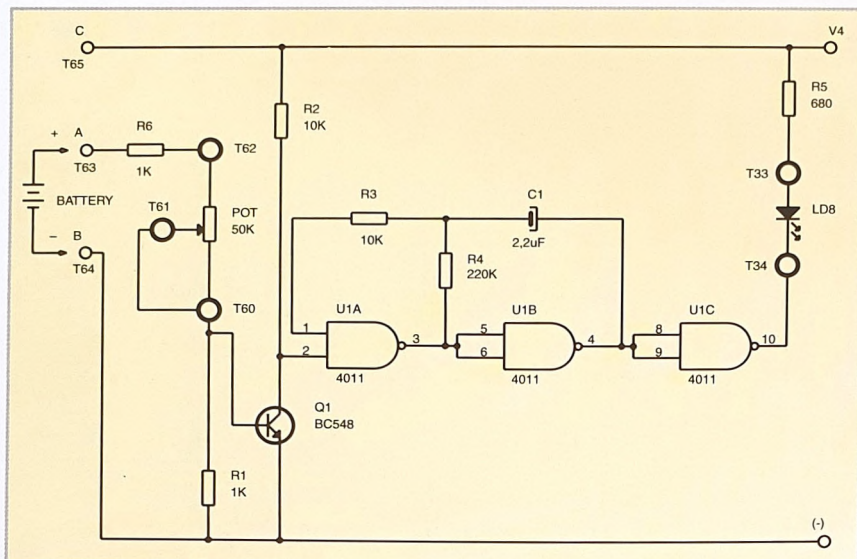
*Il livello di tensione è regolabile*

### Il circuito

Il circuito è costituito da due diverse parti evidentemente ben differenziate. Da un lato, abbiamo il circuito rilevatore di batteria scarica, mentre dall'altro l'indicatore visivo, mediante l'accensione e lo spegnimento alternati del LED.

Il circuito rilevatore è costituito da un transistor e funziona abbastanza semplicemente. Quando la batteria è in buono stato, il transistor conduce in stato di saturazione, per cui nel suo collettore, che è il punto dove prendiamo l'uscita, la tensione avrà un valore molto vicino a 0 Volt – basso livello – e bloccherà l'oscillatore che avrà uno '0' all'uscita e che, invertito per mezzo di U1C, ci darà un '1'; dato, però, che il LED è collegato al positivo dell'alimentazione, non si illumina.

Quando la tensione della batteria è bassa, il transistor inizia a condurre sempre meno; essendo meno polarizzato, la tensione del suo collettore sarà un livello alto e l'oscillatore si attiverà e il diodo LED inizia ad illuminarsi alternativamente, in funzione della frequenza dell'oscillatore.

# Indicatore di carica della batteria

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R6 | 1 K |
| R2, R3 | 10 K |
| R4 | 220 K |
| R5 | 680 Ω |
| C1 | 2,2 µF |
| Q1 | BC548 |
| U1 | 4011 |
| POT | |
| LD8 | |

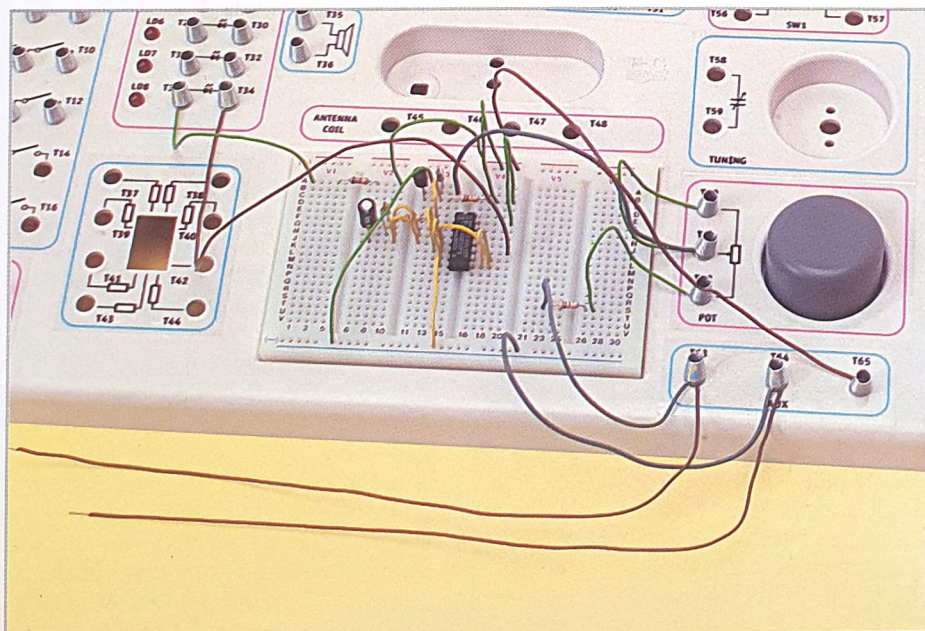
## Regolazione del livello

Il circuito ci permette di verificare la tensione della batteria esterna che collegheremo tra i terminali T63 e T64, ma ci permette anche di verificare l'alimentazione del circuito; a questo scopo uniremo con un ponte realizzato con un cavo uno qualsiasi dei terminali T65 e T63. In qualunque caso e con la batteria in buono stato, collocheremo il potenziometro POT, con il cursore girato completamente in senso antiorario. In questa situazione il LED si illuminerà; se giriamo lentamente il cursore del potenziometro in senso orario, vedremo che il LED cesserà di illuminarsi.

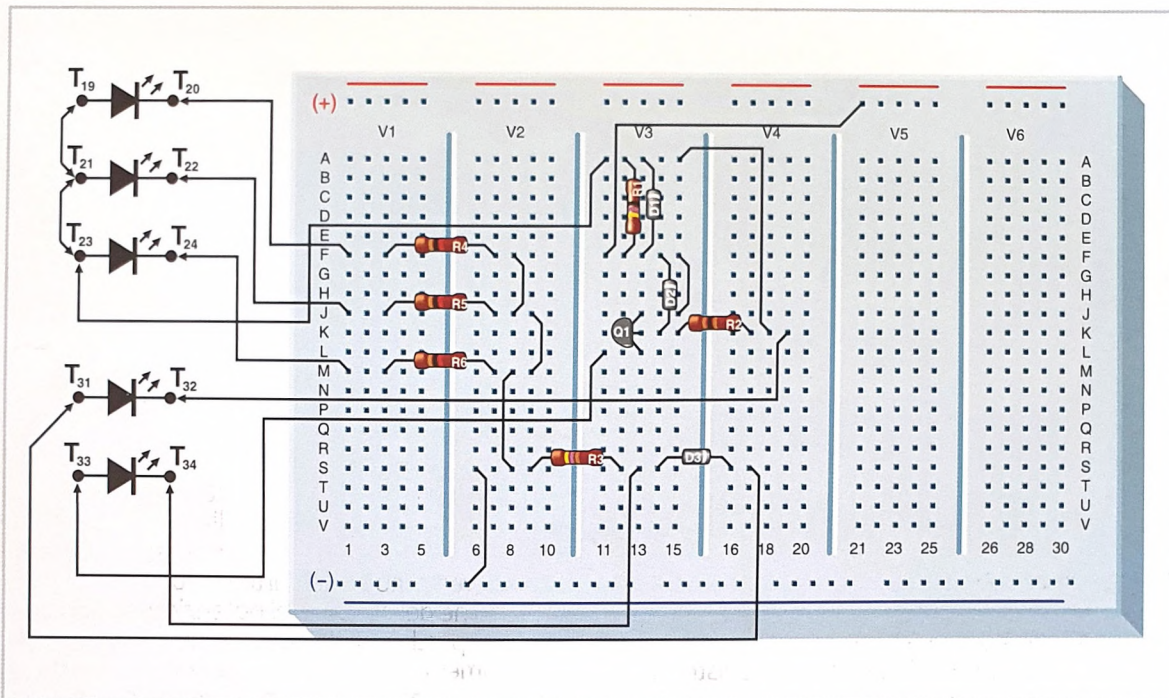
## Avviamento

Se il circuito non funziona con l'alimentazione collegata tra V4 e (-), mettiamo una batteria all'entrata e regoliamo il potenziometro in senso antiorario: dobbiamo verificare l'alimentazione dell'integrato o la polarità del condensatore C1.

## Esperimenti

Possiamo cambiare a nostro piacimento l'accensione e lo spegnimento del LED, variando la frequenza dell'astabile. A tale scopo, modificheremo il valore di R4 o del condensatore C1. Prima di utilizzare il circuito, si deve verificare che la tensione minima prevista sia quella della batteria scarica.

*La batteria da verificare verrà collocata sempre tra i terminali A e B.*

# Rilevatore di consumo

## Quando il consumo del carico collegato tra i punti A e B è superiore a circa 12 mA, si illumina un LED.

Il diodo LED LD8 si illumina quando il consumo dell'apparecchiatura è superiore a circa 12 mA. Il LED LD7 si accende quando c'è un'inversione di polarità all'entrata del circuito. In questo esperimento, la carica si sostituisce con tre diodi LED con le loro corrispondenti resistenze di polarizzazione. Se ne vengono scollegati uno o due, si ottengono consumi inferiori.

### Il circuito

La corrente circola dal terminale V6 o V5 fino al punto A, dove viene collegata la carica. Questa corrente attraversa la resistenza R1 che, essendo di 47 Ohm, produce una caduta di tensione di 12 mA x 47 = 0,6 Volt approssimativamente, che pone in conduzione il transistor Q1. Se la corrente è elevata, si produrrà una caduta di tensione molto elevata nella resistenza R1; per evitare che ciò accada, si collega ad essa in parallelo un diodo D1 il quale ha il compito di evitare che la tensione in questa resistenza superi 1 Volt.

### Errore di polarità

Se invertiamo le connessioni dell'alimentazione, il diodo LED LD7 si illumina per segnalarci questa anomalia e invitarci a effettuare la connessione nel corretto ordine.

*Rileva le apparecchiature spente*

### Esperimento 1

Dopo aver montato il circuito – cfr. schema – dobbiamo fare particolare attenzione alla polarità di tutti i componenti, specialmente ai diodi e ai transistor. Il diodo LED LD8 si deve illuminare, mentre il diodo LD7 deve rimanere spento. LD8 è illuminato perché il consumo della carica, in questo caso tre LED, supera i 12 mA, ma se ne spegniamo due, saremo sicuri di essere al di sotto dei 12 mA e anche il diodo LED LD8 si spegnerà.

### Esperimento 2

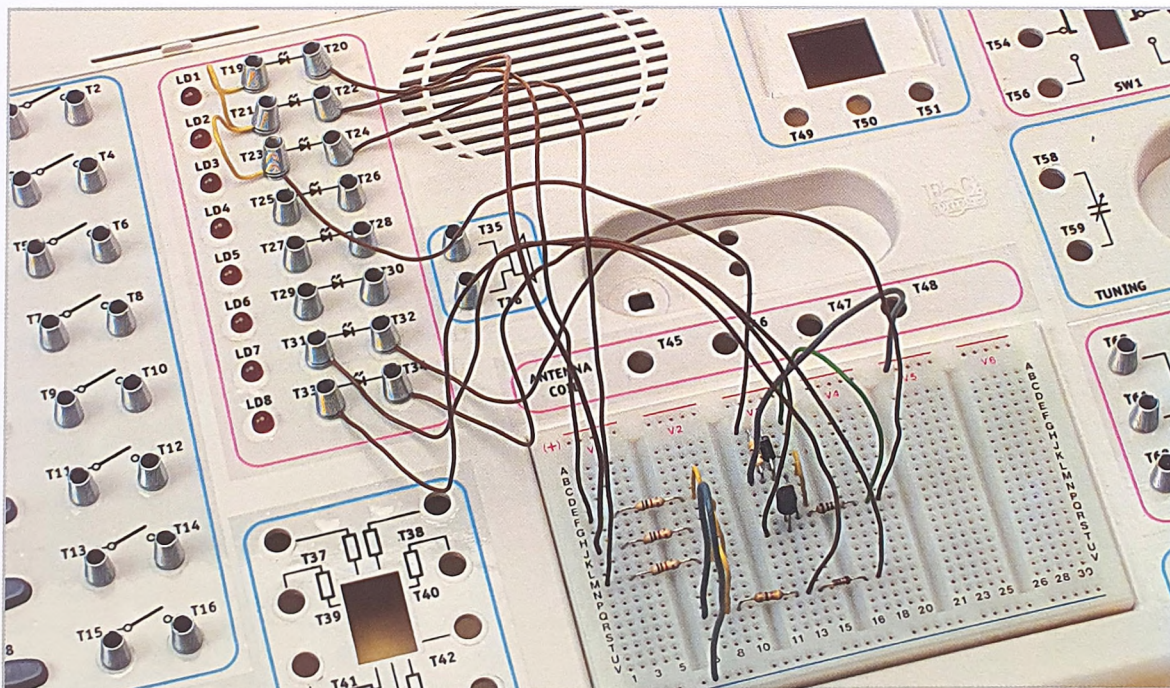
Il massimo consumo che si può utilizzare caricando questo circuito è di 1A, la massima corrente sopportata dal diodo D1. Invece dei diodi LED si può collegare, per esempio, una lampadina da 9 Volt, il cui consumo superi i 12 mA e che sia situata in una zona lontana. Con questo circuito possiamo verificare che sta funzio-

# Rilevatore di consumo

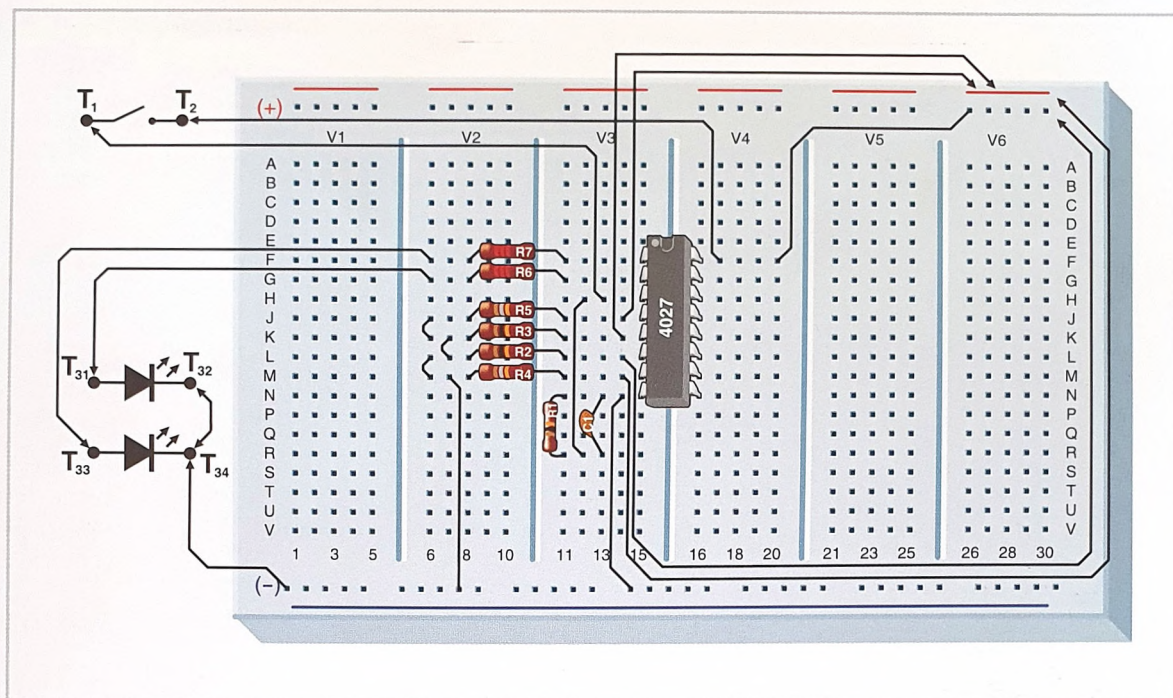
| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 47 Ω |
| R2 | 100 Ω |
| R3 | 470 Ω |
| R4, R5, R6 | 1 K |
| D1, D2 | 1N4001 |
| D3 | 1N4148 |
| Q1 | BC558 |
| LD1, LD2, LD3 | |
| LD7, LD8 | |

nando; quando si brucia la lampadina, anche il diodo LED LD8 si spegne.

## Rilevatore di carica

Questo circuito può venire inserito tra un carica-batterie (da 6 Volt, sono le più comuni) e la batteria in suo possesso; quando la batteria non ammette più carica, attraverso di essa non circolerà più corrente e a mano a mano che si caricherà, ammetterà sempre meno corrente finché al di sotto dei 12 mA il LED LD8 si spegnerà, indicando la fine della carica. Se colleghiamo la batteria con la polarità invertita, il LED LD7 si illuminerà.

*Rilevatore di consumo minimo.*

# Verifica del 4027

## Verifica del funzionamento del circuito integrato 4027.

Questo montaggio viene utilizzato per verificare i due flip-flop JK che l'integrato 4027 possiede; possiamo, inoltre, generalizzarne l'utilizzo per verificare anche qualsiasi flip-flop di questo tipo. Il fatto di poter verificare i flip-flop è importantissimo, perché ci rende sicuri che i nostri montaggi non si guasteranno, sempre che siano in buono stato.

## Distribuzione dei terminali

Prima di iniziare un montaggio dobbiamo conoscere, innanzitutto, la disposizione interna dei componenti del circuito integrato con cui lavoreremo. Non dobbiamo mai effettuare dei collegamenti alla cieca, senza disporre di uno schema, perché, oltre a perdere tempo, correremmo il rischio di distruggere la porta e di rendere inservibile l'integrato; potremmo anche danneggiare qualche altro circuito dell'apparecchiatura o anche la stessa alimentazione.

## Verifica

Per verificare la porta, si seguirà la tavola della verità. Da una parte abbiamo le entrate J, K, S ed R e, dall'altra, abbiamo le uscite Q e Q+t: quest'ultima è l'uscita dopo che è stato applicato un impulso. Il diodo LED LD8 viene utilizzato per visualizzare lo stato dell'uscita. In LD7 vedremo anche il risultato dell'uscita invertita. Il flip-flop ha un clock che viene attivato da un fianco ascendente, che otterremo grazie al pulsante P1 e alla rete R1-C1. Tutte le entrate sono state poste al terminale negativo dell'alimentazione '0' per mezzo delle resistenze R2-R5. Se volessimo collegarle al livello alto '1', avremmo un ponte tra A e B della rispettiva entrata. Se osserviamo la tavola, vediamo che molti stati, quelli segnati con la X, sono irrilevanti: il risultato dell'uscita, cioè, è indipendente dal fatto che il suo valore sia '1' o '0'.

Guardando la tavola, vediamo anche che con le entrate R, S e K a '0', quando l'entrata J è a '1', se si introduce un impulso del clock azionando P1, l'uscita Q passa a '1', se stava a '0', o rimane a '1' se stava a '1'. Se R, S e K sono a '1', collegando un ponte tra questa entrata e B, se introduciamo un impulso, l'uscita Q, se stava a '1' passerà a '0' o continuerà a stare a '0' se quest'ul-

**Contiene due flip-flop JK**

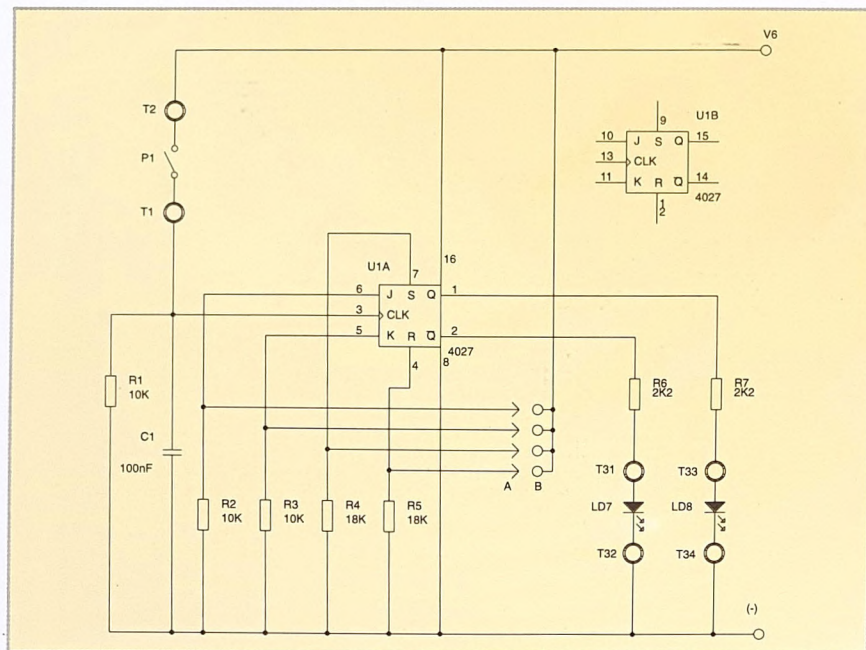
# Verifica del 4027

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R2, R3 | 10 K |
| R4, R5 | 18 K |
| R6, R7 | 2K2 |
| C1 | 100 nF |
| U1 | 4027 |
| P1 | |
| LD7-LD8 | |

**TAVOLA FLIP-FLOP JK**

| J | K | S | R | Q | Impulso | Q+t |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 a 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 a 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | X | 1 a 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | X | 1 a 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 a 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 a 0 | 0 |
| X | X | 1 | 0 | X | X | 1 |
| X | X | 0 | 1 | X | X | 0 |

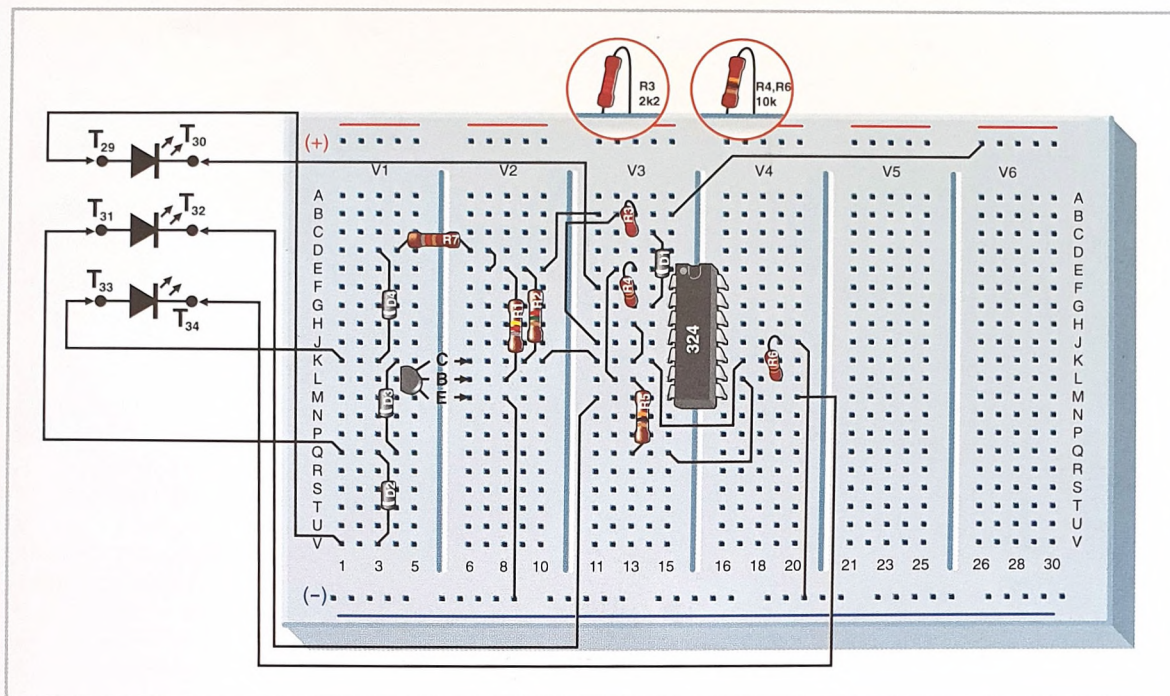
timo era il suo stato. Se le due entrate J e K sono a '1', l'uscita cambia (flip-flop T). Indipendentemente da tutte le entrate, incluso l'impulso, se poniamo a livello '1' l'entrata S, l'uscita Q passa a '1'. Se, invece, poniamo a livello '1' l'entrata R, l'uscita Q passa a '1'.

*Le entrate JK condizionano l'uscita del clock; le entrate S e R cambiano direttamente l'uscita.*

## Avviamento

Grazie al circuito impareremo a impratichirci con i flip-flop JK e a realizzare rapidamente dispositivi di verifica degli stessi, che in se stesso rappresenta un vero e proprio esperimento. Se collegando l'alimentazione, volessimo vedere se i flip-flop sono in buono stato, collegheremo l'entrata S al positivo e staremo a vedere se il LED LD8 si illumina, dopodiché collegheremo S alla massa e S al positivo: facendo ciò, il LED LD8 deve spegnersi. Tutto ciò rappresenta una veloce verifica che le connessioni dell'integrato sono in buono stato. Se non si verificasse quanto abbiamo appena descritto, ripasseremo l'alimentazione dell'integrato, osservando se è collegata ai corretti terminali e ci assicureremo che i LED abbiano la giusta polarità.

# Selettore del guadagno per transistor NPN

## Conosceremo la gamma di guadagno di un transistor.

Il circuito possiede tre gamme di identificazione del guadagno. Quando sottoponiamo ad esame un transistor per verificare quale sia la gamma in cui esso è incluso, il circuito funziona autonomamente e indica la suddetta gamma. In stato di riposo il circuito non indica assolutamente nulla. Le gamme stabilite coincidono, approssimativamente, con alcune delle caratteristiche di guadagno di corrente che presentano i modelli più comuni di transistor.

### Funzionamento

In stato di riposo, senza cioè che l'alimentazione del circuito o un transistor siano collegati ai terminali di verifica, il circuito rimane totalmente passivo, con i tre diodi spenti.

La base del circuito è costituita da tre comparatori costruiti con l'LM324, U1A, U1B e U1C. In questi integrati, viene stabilita attraverso la rete di resistenze R3, R4, R5, R6 una tensione di riferimento in ciascuno dei terminali di entrata invertenti degli operazionali. Quando viene collegato un transistor per verificarne il guadagno, l'uno o l'altro operazionale si attiva e il corrispondente LED di uscita si illumina, indicando che il guadagno di questo transistor è all'interno di uno delle tre gamme. Il LED LD6, collegato all'uscita di U1A, segnala un guadagno hfe <200. Il LED LD7 ci indica che il guadagno della corrente è compresa tra >200 hfe e <400. Da parte sua, LD8 significa che il guadagno della corrente è hfe >400. Qualsiasi transistor venga correttamente collegato, il circuito lo avvierà automaticamente, sempre che vengano soddisfatte due condizioni: che il transistor sia NPN e che il transistor sia in buono stato, che funzioni correttamente. Anche quest'ultima caratteristica può servirci per fare del nostro circuito un buon verificatore di transistor.

*Un diodo LED indicherà il rango*

### Il circuito

Come ci è già capitato di commentare, il circuito senza il transistor di cui abbiamo intenzione di misurare il guadagno mantiene tutti i LED spenti. Perché ciò succeda, le uscite dei tre comparatori U1A, U1B e U1C devono stare a livello alto, e questo si ottiene facendo in modo che la tensione nei terminali non invertenti (3, 5 e 10) dell' LM324 sia maggiore rispetto a quella dei terminali invertenti (2, 6 e 9).

# Selettore del guadagno per transistor NPN

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 820 K |
| R2 | 1K5 |
| R3 | 2K2 |
| R4, R5, R6 | 10 K |
| R7 | 850 Ω |
| D1, D4 | 1N4148 |
| D2, D3 | 1N4001 |
| U1 | LM324 |
| LD6, LD7, LD8 | |

Nel circuito, quando non c'è un transistor collegato, la tensione nei terminali non invertenti (+) è quella dell'alimentazione, 9 Volt, per cui come nei terminali invertenti (-) applichiamo una tensione di 2,7, 5,4 e 8,1 Volt, l'uscita dei tre starà a livello alto.

Quello che vogliamo riuscire a fare è un circuito in cui possiamo ottenere una tensione che dipende dal guadagno del transistor. Questa tensione può essere quella del collettore-emettitore, per cui, se polarizziamo il transistor da verificare con le resistenze R1 e R2, iniettandogli una corrente fissa per la base (Ib), otterremo una corrente del collettore (Ic = Ibxhfe) che è proporzionale al guadagno del transistor. Si sono calcolate, con il circuito di polarizzazione, le tensioni che dovrebbero esistere tra collettore ed emettitore per guadagni di 200 e 400, e queste sono le tensioni fissate alle entrate 2 e 6 dell'LM324 con le resistenze da R3 a R6. In questo modo, quando si verifica un transistor, la tensione muterà in funzione del guadagno e uno dei comparatori si attiverà e indicherà la gamma di guadagno del transistor.

*Collegando il transistor alle entrate C, B ed E, otterremo la sua gamma di guadagno.*

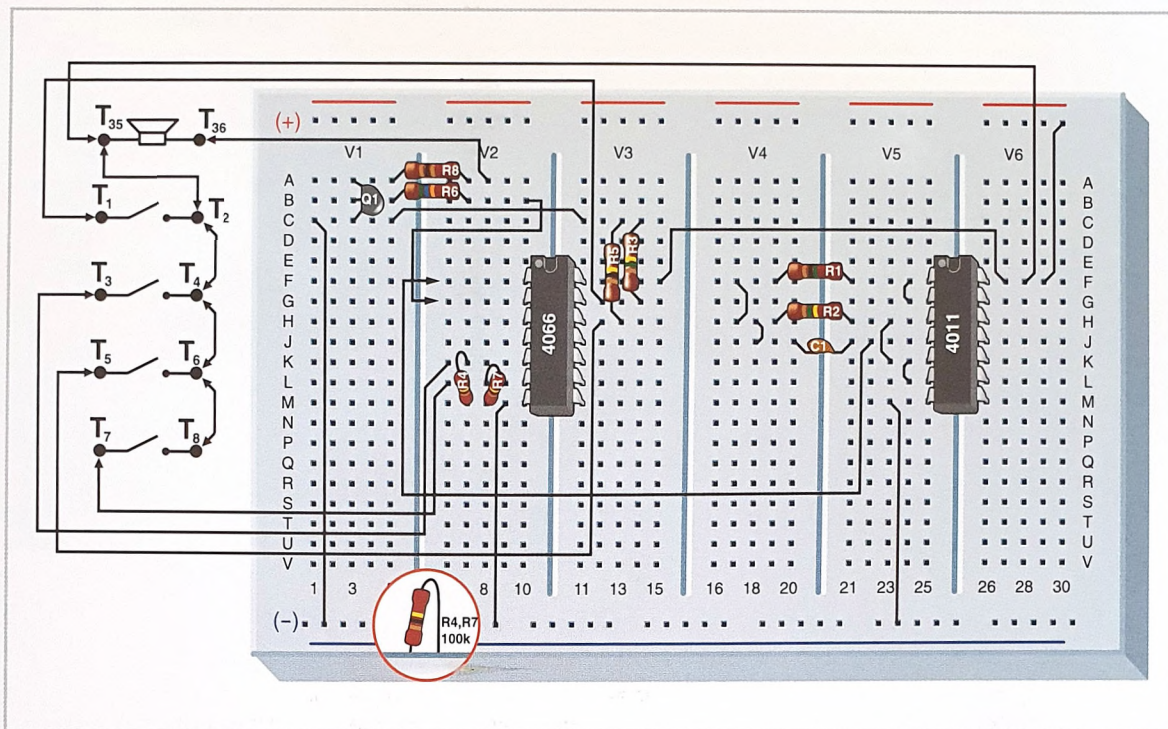
## Avviamento

Il circuito deve funzionare con l'alimentazione collegata e con un transistor NPN da verificare collegato alle entrate CBE. Se non dovesse funzionare cambieremo il transistor da verificare, perché potrebbe essere danneggiato. Se dovesse non funzionare ancora, verificheremo l'alimentazione dell'operazionale quadruplo e la polarità di tutti i diodi del montaggio.

## Esperimenti

Il circuito è stato calcolato per funzionare proprio come è stato spiegato; qualsiasi modifica, quindi, ne implicherebbe il cattivo funzionamento. Possiamo, tuttavia, mutare la resistenza R7 per modificare la luminosità dei diodi LED.

# Il 4066

## Ha quattro interruttori analogici con controllo indipendente.

Questo circuito integrato possiede quattro interruttori analogici bidirezionali, ciascuno dei quali controllato da un'entrata di controllo che funziona con livelli logici della serie 4000. Questo esperimento consiste nel verificare uno ad uno gli interruttori dell'integrato.

### Il 4066

Questo integrato da 14 terminali possiede al proprio interno quattro interruttori analogici con tre terminali ciascuno.

Ogni interruttore ha un'entrata di controllo (C) e due terminali, A e B che sono l'entrata e l'uscita, e fanno le veci dei contatti dell'interruttore. Se mettiamo a livello alto l'entrata di controllo, i contatti A e B si chiudono, il che equivale a chiudere l'interruttore. Se, invece, l'entrata di controllo è a livello basso, i terminali A e B risultano isolati, il che equivale a tenere l'interruttore aperto. Se l'interruttore è chiuso, ha una piccola resistenza minore di 100 Ω, mentre se è aperto, ha una resistenza così elevata che si considera aperto il circuito.

*Le entrate di controllo agiscono a livello logico*

### Il circuito

Con il circuito si impara il funzionamento dell'integrato 4066 e si verifica che l'interruttore elettronico permette il passaggio dei segnali, senza alcuna distorsione.

I terminali A e B possono essere entrata e uscita, per cui è possibile collegare indistintamente il segnale al punto A o B. In questo caso si utilizzano come entrata i terminali A cui viene collegato il segnale proveniente dall'oscillatore con porte NAND. L'uscita, terminale B, viene condotta alla base del transistor; piloterà l'altoparlante rendendo udibile il segnale dell'oscillatore. In realtà, quello che facciamo è interporre un interruttore tra l'oscillatore e il transistor dell'uscita. Quando viene azionato il pulsante collegato alla rispettiva entrata di controllo, l'interruttore si chiuderà, lasciando passare il segnale dalla sua entrata alla sua uscita.

# Il 4066

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 1 M |
| R2, R3 | 150 K |
| R4, R5, R7 | 100 K |
| R6 | 56 K |
| R8 | 100 Ω |
| C1 | 10 nF |
| Q1 | BC338 |
| U1 | 4011 |
| U2 | 4066 |
| ALTOPARLANTE | |

## Avviamento

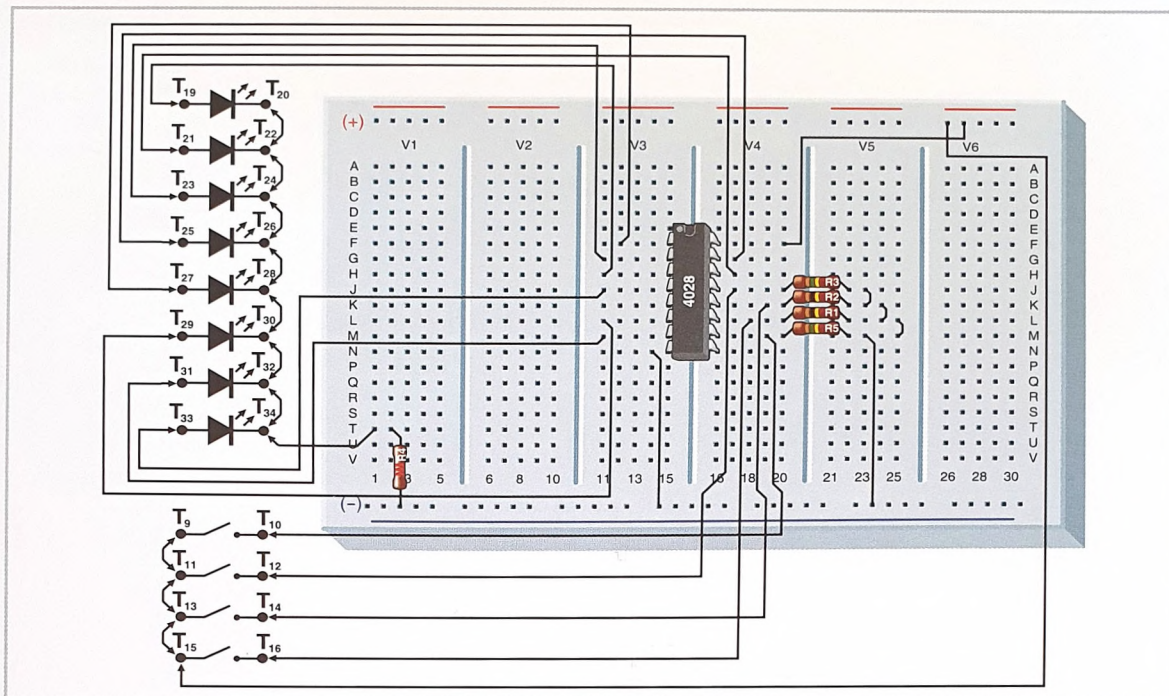
Ci si deve ricordare di alimentare il circuito. L'oscillatore sarà collegato e anche la base del transistor lo sarà; basterà premere il corrispondente pulsante per far funzionare il circuito. Se così non fosse, verificheremo, innanzitutto, l'alimentazione del 4011 e quella del 4066. Rivedremo anche le connessioni del transistor BC338. Effettueremo questa verifica su tutti gli interruttori.

*Montaggio di verifica per il 4066.*

## Esperimenti

Per verificare che l'interruttore, malgrado sia analogico, funziona in tutta la gamma di frequenze, possiamo cambiare la frequenza dell'oscillatore. La abbasseremo aumentando la resistenza R2 e il valore del condensatore C1. Possiamo anche aumentarla, riducendo il valore di questi componenti.

# Verifica del 4028

## Con il numero binario d'entrata attiveremo l'uscita corrispondente al numero in decimale.

Questo integrato è un decodificatore BCD in decimale. Quello che si fa è attivare una delle dieci uscite da esse possedute, e precisamente quella corrispondente alla combinazione binaria nel codice BCD applicata all'entrata.

### Il 4028

Questo circuito si presenta in un contenitore Dual In Line da 16 terminali. Ha quattro terminali d'entrata, dieci di uscita e due di alimentazione. L'integrato, come abbiamo detto, è un decodificatore BCD, e pertanto alle sue quattro entrate ammette dieci diversi codici: 0 = 0000 a 9 = 1001. Ciascuna di queste entrate ha associata un'uscita che verrà attivata quando introduciamo nelle entrate il corrispondente codice binario. Le uscite in stato di riposo sono a livello basso e quando si attivano passano a livello alto. Con tutte le entrate a livello basso (0000), l'uscita Q0 è attivata a livello alto. Pertanto, esisterà sempre un'uscita attiva.

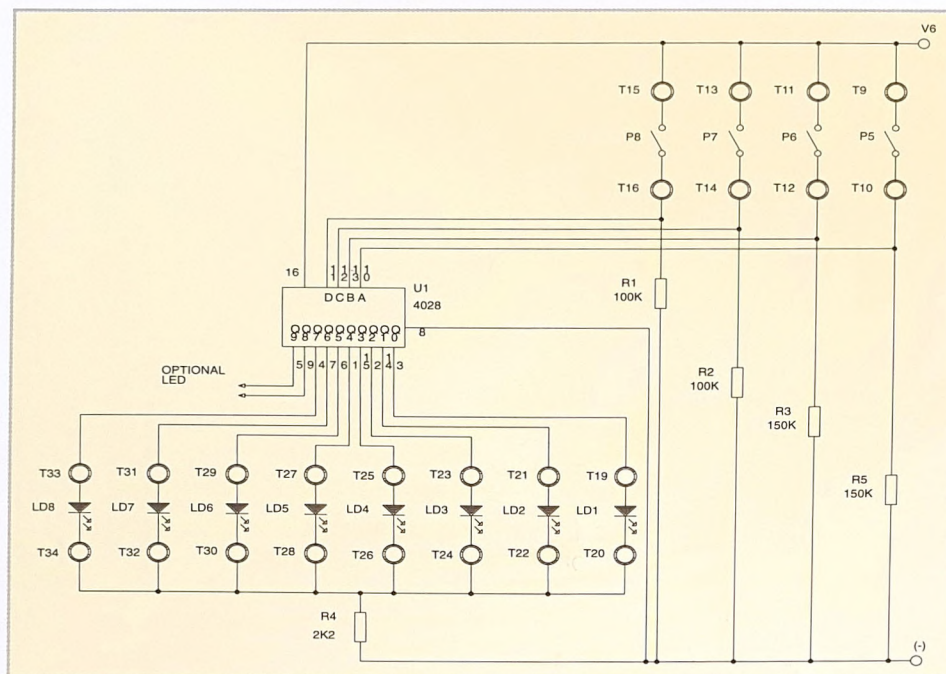
### Il circuito

Il circuito che si presenta qui è fondamentalmente pratico ed è stato realizzato per provare il funzionamento del circuito integrato. Alle entrate ha quattro resistenze che fanno sì che abbia sempre un livello basso a ciascuna entrata quando non agisce su ogni pulsante. Il valore delle resistenze è alto, per limitare al massimo il consumo di corrente delle pile, prolungandone così la durata. I quattro pulsanti, da P5 a P8, quando si attivano hanno le corrispondenti entrate a livello alto. Disponiamo di 10 uscite, da Q0 a Q9, di cui ne vengono utilizzate solamente otto, per gli otto diodi del laboratorio. Dato che è possibile attivare solamente una uscita, possiamo utilizzare una sola resistenza limitatrice, R4, per tutti i diodi LED.

### Avviamento

Il circuito non deve avere alcun problema per quanto concerne il funzionamento. Non si deve fare altro che collegare l'alimentazione perché si illumini il LED LD1, corrispondente all'uscita Q0. Se ciò non dovesse avvenire, scollegheremo immediatamente l'alimentazione e verificheremo se l'integrato è cor-

*I LED indicano l'uscita attiva*

# Verifica del 4028

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R2 | 100 K |
| R3, R5 | 150 K |
| R4 | 2K2 |
| U1 | 4028 |
| LD1 a LD8 | |
| P5 a P8 | |

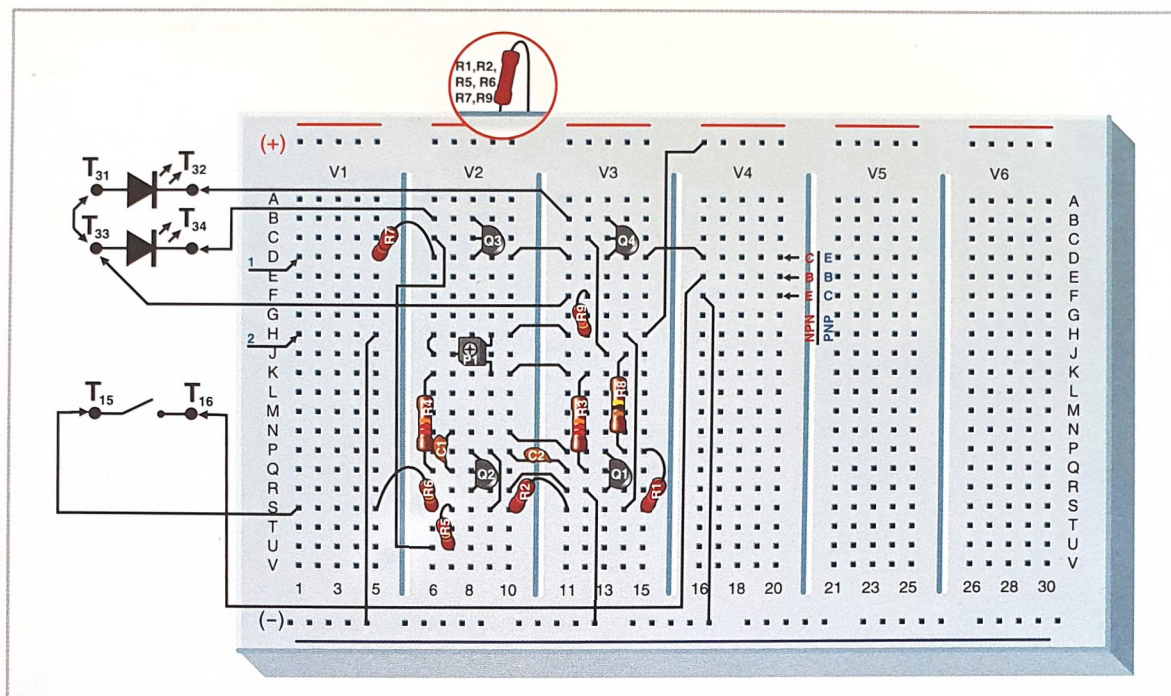
rettamente alimentato. Si deve verificare la polarità con cui i terminali corrispondenti ai diversi LED sono stati collegati nelle relative molle.

*Questo circuito può essere utilizzato per far pratica con il codice binario.*

## Esperimenti

Se si vogliono verificare le uscite Q8 e Q9 del circuito integrato si possono fare due cose. La prima è inserire nella piastra un LED collegato innanzitutto a Q8, introdurre il codice 8 = 1000 alle entrate verificare che si illumini per poi collegarlo a Q9, introdurre il codice 9 = 1001 e verificare se si illumina il suddetto LED. L'altra opzione è quella di scollegare direttamente due dei diodi dell'uscita, per esempio LD1 e LD2 e collegarli alle uscite Q8 e Q9. In seguito, verranno introdotti questi codici mediante i pulsanti da P5 a P8 per verificarne l'attivazione.

# Rilevatore della polarità dei transistor

## Un LED indica se il transistor è un PNP oppure un NPN.

Questo circuito è utilissimo per classificare i transistor di piccole dimensioni: a volte le scritte si cancellano ed è difficile determinare se il transistor in oggetto è un PNP oppure un NPN. Questo circuito lo fa automaticamente, inoltre può essere utilizzato per verificare la continuità dei cavi e per trovare l'anodo e il catodo nei diodi, nel caso si abbia un qualche dubbio.

### Il circuito

Il circuito contiene un oscillatore astabile formato dai transistor Q1, Q2 e dai suoi componenti; la frequenza di oscillazione può essere cambiata grazie al potenziometro P1. Questo astabile ha due uscite corrispondenti ai collettori dei transistor Q1 e Q2, che attraverso le resistenze da 100 K giungono alla base dei transistor Q3 e Q4. Osservando nuovamente lo schema, possiamo vedere che tutti e due questi ultimi transistor hanno nel loro circuito collettore un diodo LED. D'altra parte, il collettore del secondo transistor Q2 è collegato mediante una resistenza da 100 K a un pulsante, unito a sua volta alla base del transistor da verificare.

### Funzionamento

Supponiamo di collegare un transistor del tipo NPN nei punti segnati con B, C ed E, in questo caso l'emettitore al negativo. In questa situazione, premendo P8, il transistor da verificare conduce, quando Q2 non conduce, conduce anche Q3 e il diodo LED LD8 si illumina. Invece, se colleghiamo un transistor PNP, collettore a massa, questo transistor di verifica conduce quando anche Q2 conduce, Q3 non lo fa, Q2 sì, Q1 no e come conseguenza di tutto ciò il transistor Q4 conduce e il diodo LED LD7 si illumina.

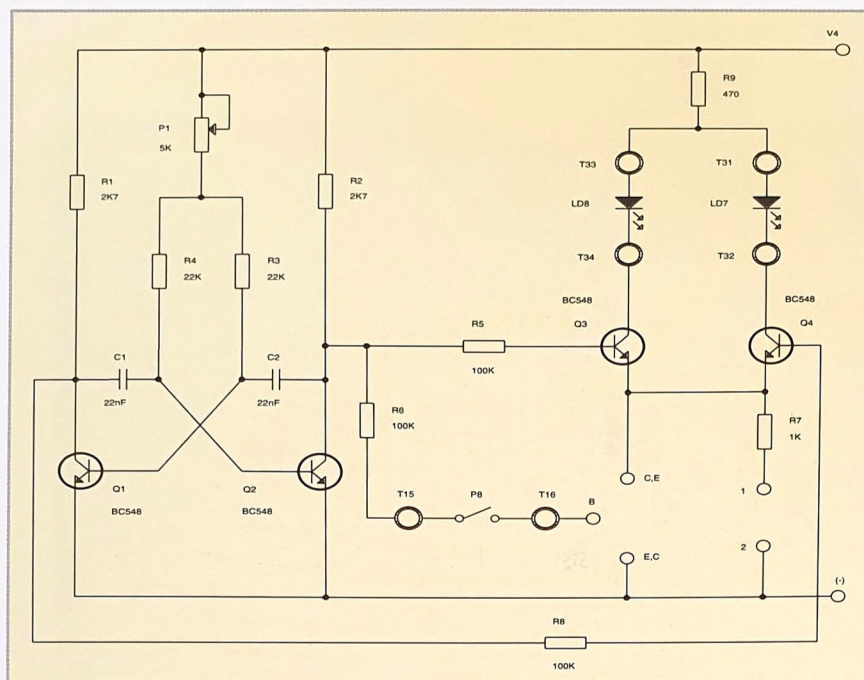
### Continuità

I terminali 1 e 2 sono utilizzati come terminali per misurare la continuità nei cavi o tra due punti del circuito; per verificarne il funzionamento basta unirli con un cavo e osservare se i diodi LED del circuito si illuminano.

*Verifica anche i diodi*

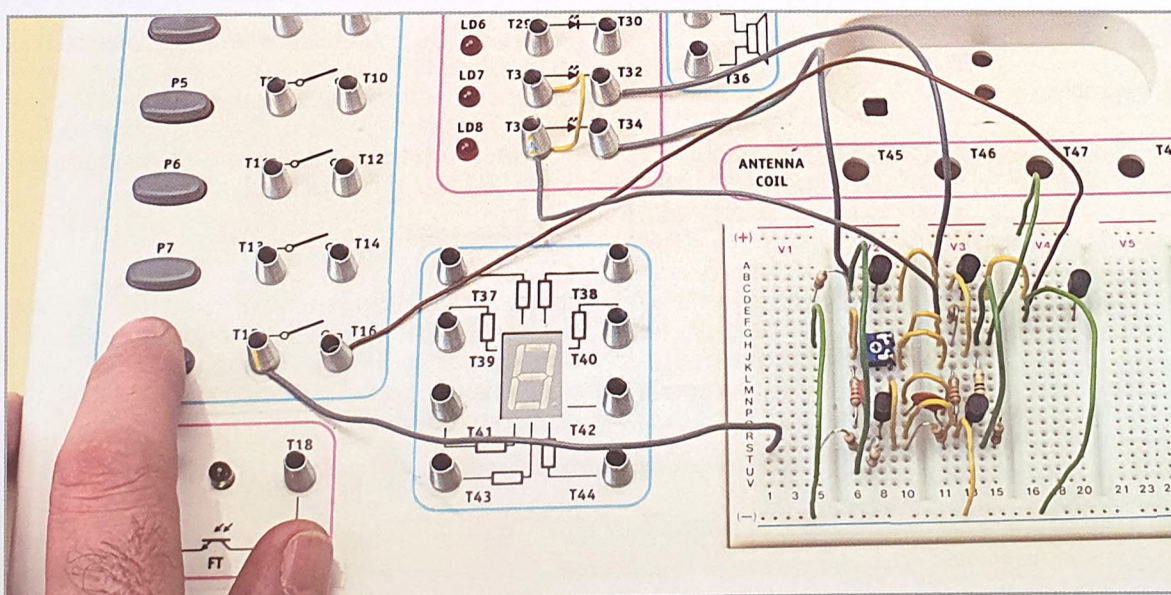
### Diodi

Possiamo verificare anche la polarità dei diodi; basta collegare i suoi piedini tra i terminali 1 e 2. Tutti e due i LED si illuminano

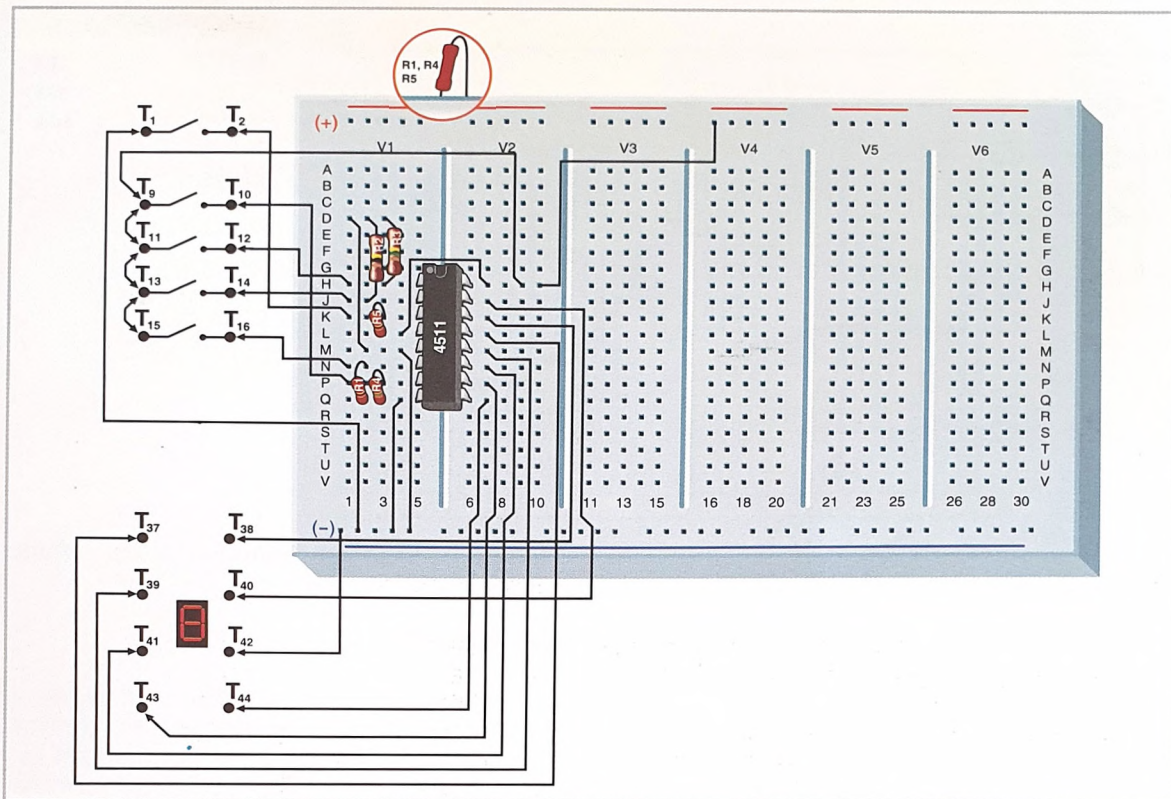
# Rivelatore della polarità dei transistor

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R2 | 2K7 |
| R3, R4 | 22 K |
| R5, R6, R8 | 100 K |
| R7 | 1K |
| R9 | 470 Ω |
| P1 | 5K |
| C1, C2 | 22 µF |
| Q1, Q2, Q3, Q4 | BC548 |
| P8 | |
| LD7, LD8 | |

quando l'anodo si collega al terminale 1 e il catodo al terminale 2.

## Avviamento

Il circuito deve funzionare bene alla prima prova, ma è necessario rivedere bene tutte le connessioni prima di collegare l'alimentazione. I transistor da verificare vanno inseriti come indicato nello schema; ci sono due terminali segnati rispettivamente con le lettere C, E ed E, C; la prima lettera corrisponde alle connessioni dei transistor NPN, mentre la seconda alle connessioni dei transistor PNP:

*Un LED indica se il transistor è del tipo NPN o PNP.*

# Verifica del 4511

## Ha l'entrata in binario e le uscite eccitano un display a sette segmenti.

Questo circuito integrato eccita un display a 7 segmenti; tra i due sono state poste le corrispondenti resistenze limitatrici. Applicando un numero in binario all'entrata, le uscite corrispondenti ai segmenti del display si pongono a livello alto, di modo che sul display, in modalità decimale, se ne ottiene la diretta rappresentazione.

## Il 4511

Questo integrato a 16 terminali, incapsulato nel formato standard DIL-16, presenta tutte le caratteristiche di velocità, alimentazione e livelli logici della famiglia CMOS cui appartiene. Per quanto concerne le sue caratteristiche come decodificatore BCD a sette segmenti, possiede, oltre alla rappresentazione di tutti i numeri, tutte le ulteriori funzioni necessarie per lavorare con i display. Viene chiamato decodificatore BCD-7 segmenti perché cambia il codice BCD (da 0000 a 1001 in binario = da 0 a 9 in decimale) in quello a sette segmenti del display, cosicché su quest'ultimo appaia rappresentato il numero collocato nel formato BCD (da 0000 a 1001) alle sue entrate. Il 4511, oltre a disporre di questa opzione, permette di immagazzinare un numero, di modo che è possibile bloccare l'entrata e rimane rappresentato sul display. Possiede anche un'opzione grazie alla quale si possono spegnere tutti e sette i segmenti. Infine, ha un terminale per verificare che tutti i segmenti siano in buono stato.

**Rappresenta le cifre dallo 0 al 9**

## Il circuito

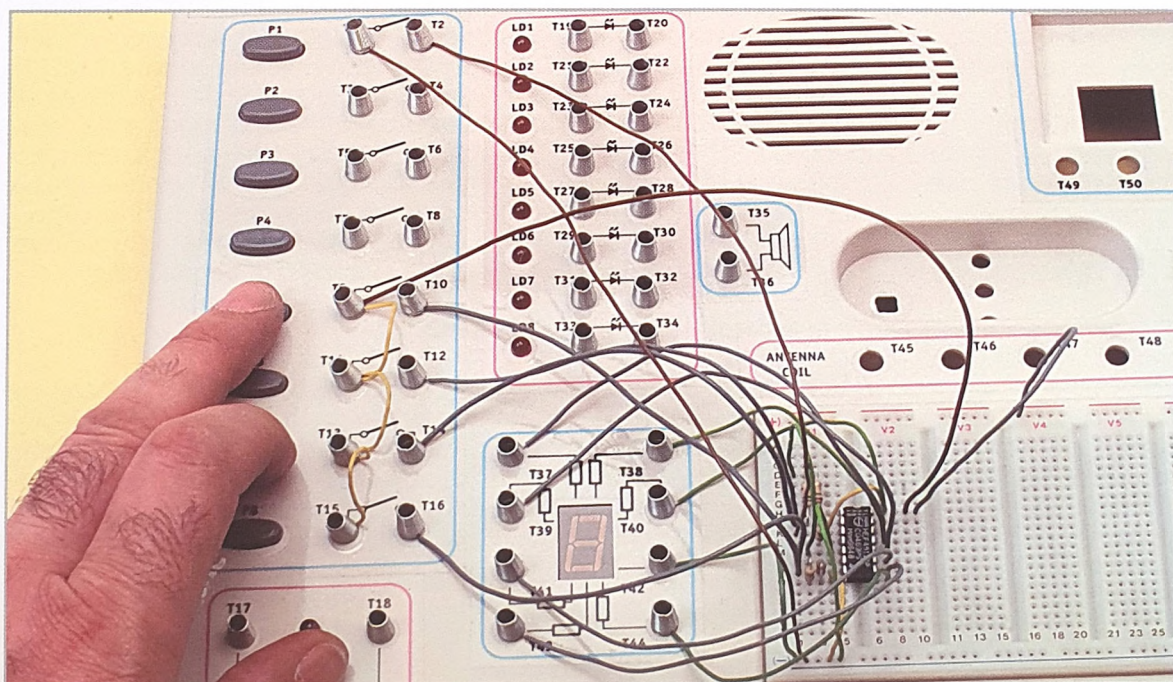
Per la verifica del circuito integrato è stato progettato un montaggio che consta di cinque pulsanti: P1, P5, P6, P7 e P8. Mediante i pulsanti da P5 a P8, possiamo stabilire i diversi livelli logici che configurano in binario il numero d'entrata, tenendo presente che P5 equivale al bit di minor peso e P8 a quello di peso maggiore. Quando tutti i pulsanti sono in stato di riposo, le quattro entrate: A, B, C e D stanno a livello basso a causa delle resistenze da R1 a R4. In

# Verifica del 4511

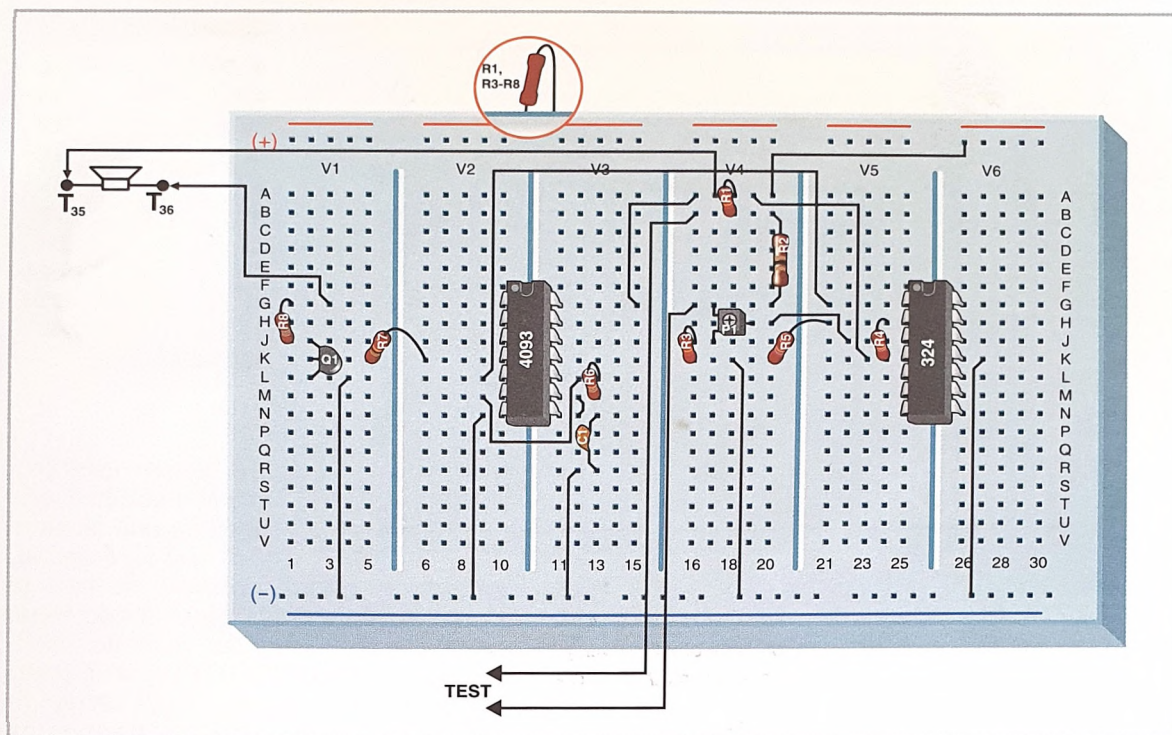
| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R2, R5 | 100 K |
| R3, R4 | 150 K |
| U1 | 4511 |
| P1, P5 a P8 | |
| DISPLAY | |

questo caso appare sul display lo '0'. L'integrato dispone dell'opzione 'LAMP-TEST', che è una verifica dell'illuminazione. Questa opzione si attiva ponendo il terminale 3 dell'integrato a livello basso; tutti i segmenti del display si illuminano immediatamente. In questa maniera ne verifichiamo rapidamente il funzionamento. Può succedere che dando un'occhiata al display sembri che nei LED non ci sia limitazione di corrente, ma dobbiamo ricordarci che ciascuno dei segmenti ha installata nella piastra del circuito una resistenza limitatrice.

## Avviamento

Prima di collegare il circuito all'alimentazione, si devono verificare tutte le connessioni, controllando particolarmente l'alimentazione del circuito integrato, terminali 8 e 16, e sul terminale M del modulo display.

*Con i pulsanti da P5 a P8 viene composto il codice binario.*

# Indicatore sonoro di continuità

## Un suono acuto segnalerà la condizione di continuità.

Come molti altri, questo montaggio può risultare utilissimo perché consente di verificare rapidamente se esiste o meno una connessione diretta tra le diverse parti di un circuito. Un suono acuto ci segnala che tale condizione di continuità esiste nel circuito che dobbiamo verificare.

## Il circuito

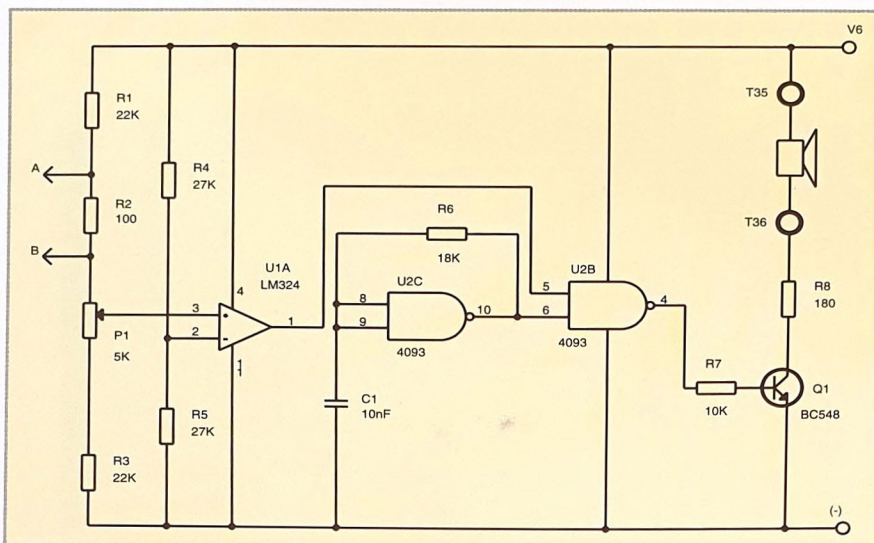
Il circuito è composto da tre parti chiaramente differenti: il circuito rilevatore, l'oscillatore e lo stadio di uscita che agisce direttamente sull'altoparlante. Come circuito rilevatore utilizziamo un comparatore, da regolare, perché senza effettuare alcuna misurazione, abbia l'uscita a livello basso; di conseguenza, all'entrata di U2B pone uno '0', lasciando l'uscita di questa porta fissa a livello alto. Quindi, anche se il transistor è polarizzato, non farà suonare l'altoparlante. Se adesso collegassimo due parti di un circuito – piste, cavi e/o resistenze – la cui resistenza superi un valore, piccolo, di circa 30 Ω tra i terminali A e B, il comparatore ci darà all'uscita un livello alto che farà sì che l'uscita di U2B oscilli alla frequenza indicata dall'oscillatore che pilota la porta U2C, che ha una frequenza di circa 12.500 Hz, e che iniettando il suo segnale alla base del transistor Q1, farà emettere all'altoparlante un suono acuto.

## Funzionamento

In stato di riposo, con l'alimentazione collegata e senza aver effettuato nessuna precedente regolazione, il circuito può suonare oppure no. A tale scopo, una volta collegati tutti i componenti, si deve effettuare la regolazione proprio come viene indicato.

Partendo dal fatto che il circuito è stato regolato, nel comparatore viene fissata una tensione di V6/2 al suo terminale non invertente e a riposo l'uscita sia zero. Quando si controlla la continuità di un circuito, un fusibile, una resistenza, una bobina eccetera, e lo si pone in parallelo con R2, si scompensa il valore della tensione nel terminale non invertente e l'uscita del comparatore cambia passando a livello alto: con ciò si attiva il transistor.

*Evita di togliere lo sguardo dal punto di misurazione*

# Indicatore sonoro di continuità

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R3 | 22 K |
| R2 | 100 Ω |
| R4, R5 | 27 K |
| R6 | 18 K |
| R7 | 10 K |
| R8 | 180 Ω |
| C1 | 10 nF |
| Q1 | BC548 |
| U1 | LM324 |
| U2 | 4093 |
| ALTOPARLANTE | |

## Regolazione

Dobbiamo regolare il circuito come segue: uniamo tra loro i terminali A e B e regoliamo lentamente P1 fino a che l'altoparlante non suona. Togliendo la connessione, il suono deve cessare. Possiamo ottenere regolazioni estremamente precise se, per esempio, uniamo i terminali precedenti a una resistenza di 100 Ω, il circuito non deve suonare: indica, così, che nel circuito non c'è una buona condizione di conduttività. Supponiamo che due cavi, o due punti del circuito, siano uniti da una saldatura falsa che al posto di 0 Ω ci siano 470 Ω: in questo caso, il circuito rileverà l'anomalia. Quando si riesce a ottenere una buona regolazione, il circuito non suona se ha delle resistenze al di sotto di 50 Ω.

*Rileva errori di continuità quando la resistenza è superiore a circa 50 Ω.*

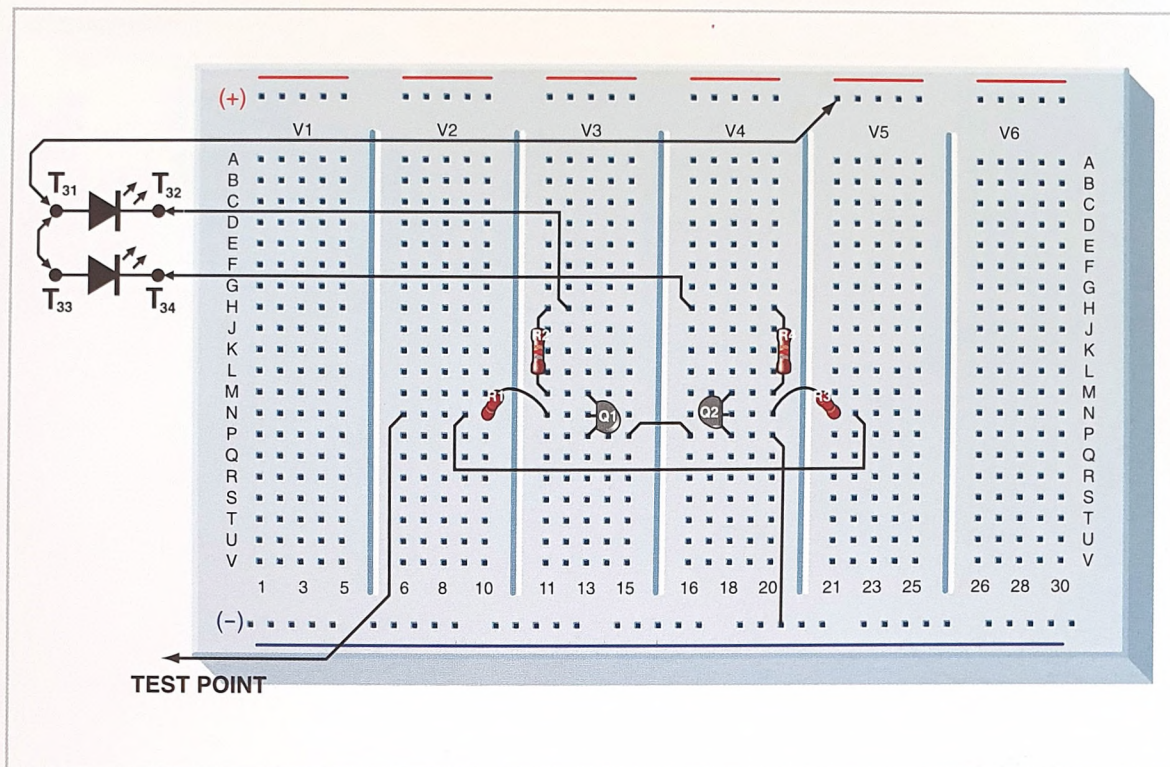
## Avviamento

Per accertarci del funzionamento del circuito, prima di collegare l'alimentazione, dobbiamo ricontrollare le connessioni di tutti i componenti e, soprattutto, la polarità del transistor oltre all'alimentazione degli integrati.

## Esperimento

Si può cambiare la frequenza dell'oscillatore variando R4 e/o C1, di modo che cambi il suono prodotto dal circuito quando il circuito è in funzione. Raccomandiamo di provare con 22 e 47 nF.

# Sonda logica

## Rilevatore di livello alto o basso con due transistor.

Questo circuito è molto utile: grazie alla sua semplicità di utilizzo e alle sue ridotte dimensioni può essere inserito in un angolo della piastra su cui si montano i componenti di un altro esperimento e servire, così, da dispositivo di rilevazione dei livelli alti o bassi nei diversi punti del montaggio su cui stiamo effettuando l'esperimento.

### Il circuito

Come possiamo vedere dallo schema, la tensione di alimentazione del circuito può variare; deve tuttavia essere uguale a quella del circuito su cui la si vuole utilizzare.

Il punto "TEST POINT" andrà collegato al punto del circuito del quale vogliamo conoscere il livello logico. Trattandosi di circuiti digitali, siano essi TTL, CMOS o appartenenti a qualunque altra famiglia, avremo soltanto due livelli: alto, '1', o basso, '0'. Quando si controlla un'uscita che si trova a livello basso, il transistor Q1 risulta direttamente polarizzato e saturato, oppure se c'è una piccola tensione, la polarizzazione sarà pochissima, insufficiente a far circolare la corrente necessaria al collettore per illuminare LD7. Invece, la base di Q2 risulta direttamente polarizzata e il diodo LED LD8 si illuminerà immediatamente indicandoci il livello misurato. Se l'uscita che si vuole controllare è a livello alto, il transistor Q1 rimarrà direttamente polarizzato e LD7 si illuminerà. In questo momento, Q2 sarà polarizzato interdetto e il LED LD8 rimarrà spento.

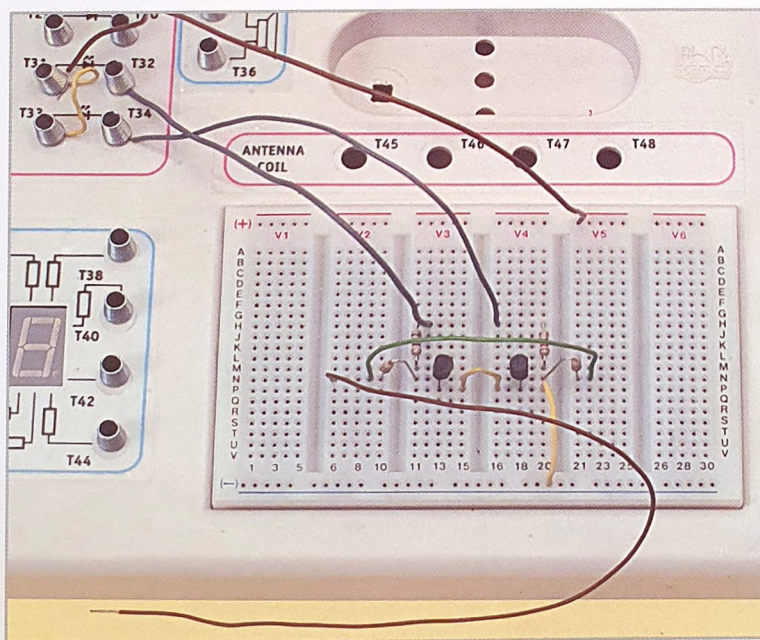
*Ogni transistor viene attivato con un livello logico*

### Funzionamento

Uno degli aspetti più importanti di cui tenere conto quando si vuole mettere in funzione il circuito, è il collegamento dell'alimentazione del circuito stesso a quella dell'esperimento di cui vogliamo rilevare i livelli logici. Collegando tra loro i negativi, avremo, così, un riferimento dei livelli bassi, e collegando i positivi tra di loro, avremo anche un riferimento riguardo ai livelli alti. Tenendo conto del fatto che la tensione che definisce i livelli logici non

# Sonda logica

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R3 | 1 K |
| R2, R4 | 820 Ω |
| Q1 | BC548 |
| Q2 | BC558 |
| LD7, LD8 | |

possiede un valore fisso e che alcune famiglie di circuiti possiedono dei margini di tensione abbastanza grandi, questo circuito deve essere solamente utilizzato per verificare se il livello sia alto o basso e non per misurare se i livelli siano corretti.

*Questo circuito va collegato alla tensione di alimentazione del circuito da verificare.*

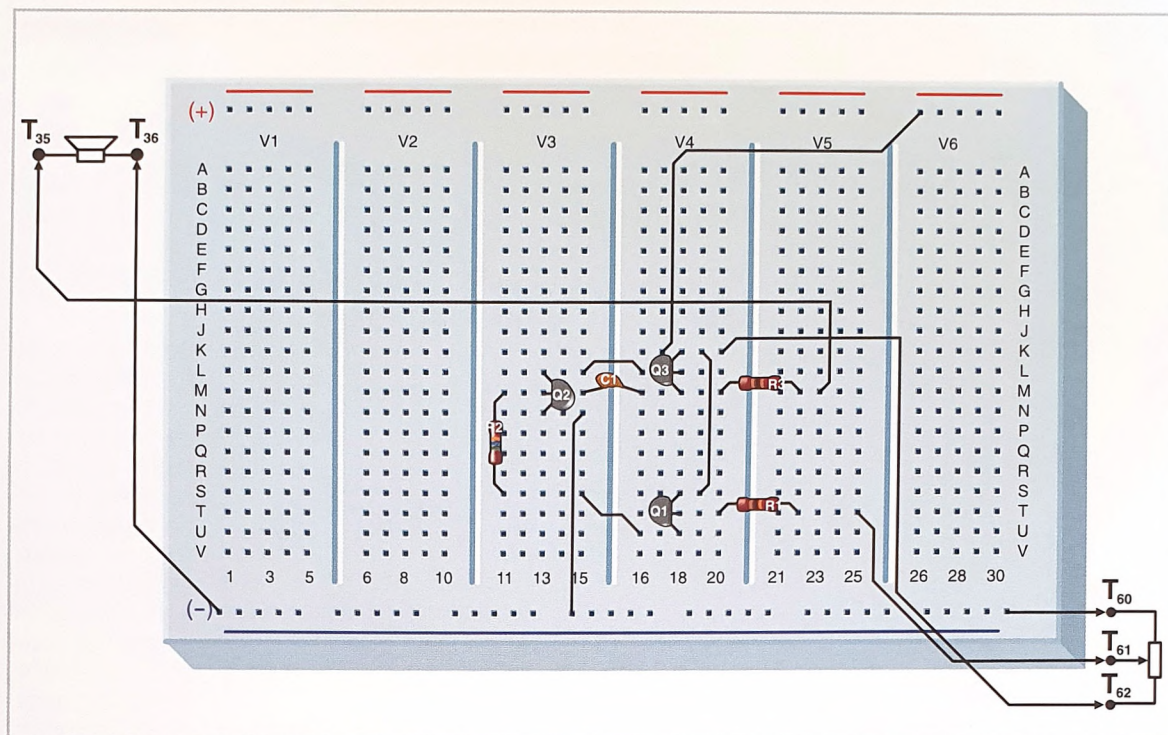
## Messa in funzione

Per verificare il funzionamento del circuito, dopo averlo collegato all'alimentazione, inseriremo il TEST POINT nel positivo dell'alimentazione: così, si illuminerà LD7. Ugualmente, se lo collegheremo al negativo dell'alimentazione, si illuminerà LD8. Se così non dovesse essere, dovremo verificare le connessioni dei due transistor e dei due diodi LED.

## Esperimenti

Per osservare il punto di polarizzazione del circuito, possiamo cambiare il valore delle resistenze (per esempio diminuendolo) di polarizzazione dei due transistor e vedere come il transistor cessi di funzionare, come abbiamo poc'anzi detto.

# Rilevatore della temperatura

## Una controreazione con un condensatore produce l'oscillazione; la frequenza dipende dalla temperatura di un transistor.

Il montaggio può sembrarci familiare perché una parte di questo che costituisce l'oscillatore, è stata utilizzata nell'esperimento "AUDIO 17"; tuttavia, a questo circuito è stato aggiunto un transistor che agisce come sensore della temperatura.

Cambiando il punto di polarizzazione a seguito del cambiamento della temperatura, la tensione d'entrata varia e, di conseguenza, varia anche la frequenza.

## Il circuito

Il circuito è formato da un oscillatore controllato dalla tensione VCO e, in questo caso, la tensione cambierà in funzione della temperatura a cui viene sottoposto il transistor Q1. Mediante il potenziometro POT, potremo variare il punto di lavoro del transistor. La regolazione del circuito viene eseguita tenendo conto della temperatura ambiente del luogo in cui viene posto il circuito. Se facciamo lavorare il circuito vicino alla zona di saturazione, si surriscalderà, generando autonomamente una temperatura sufficiente a far sì che dopo non sia in grado di rilevare la presenza di alcun oggetto non molto caldo. Il transistor, quindi, è un componente sul quale la temperatura influisce, facendogli cambiare il punto di polarizzazione. Nel circuito, questo cambiamento produce una variazione della corrente della base del transistor Q2 e, di conseguenza, cambia anche la frequenza dell'oscillatore costituito da Q2 e Q3.

*Un transistor agisce come sensore*

## Regolazione

Per regolare il circuito, regoleremo il potenziometro quasi al suo massimo valore. L'altoparlante, in questo punto, suonerà con un suono un poco basso.

Prenderemo, poi, tra due dita la capsula del transistor Q1 e osserveremo se ci sarà una variazione percepibile della frequenza. Se non si verificasse, abbasseremo il valore del POT. In questo modo, possiamo alzare la frequenza da più o meno 100 Hz a circa 25° (la temperatura che possiamo avere in qualsiasi abitazione) ad approssimativamente 150 Hz (quando terremo tra le dita il contenitore).

## Messa in funzione

Quando il circuito si collega all'alimentazione, non dovrebbe succe-

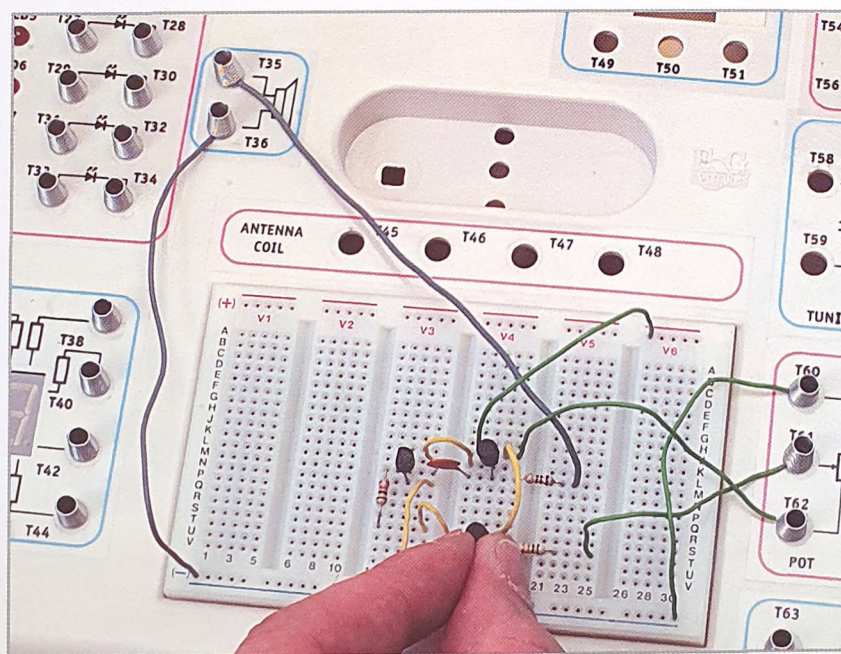
# Rilevatore della temperatura

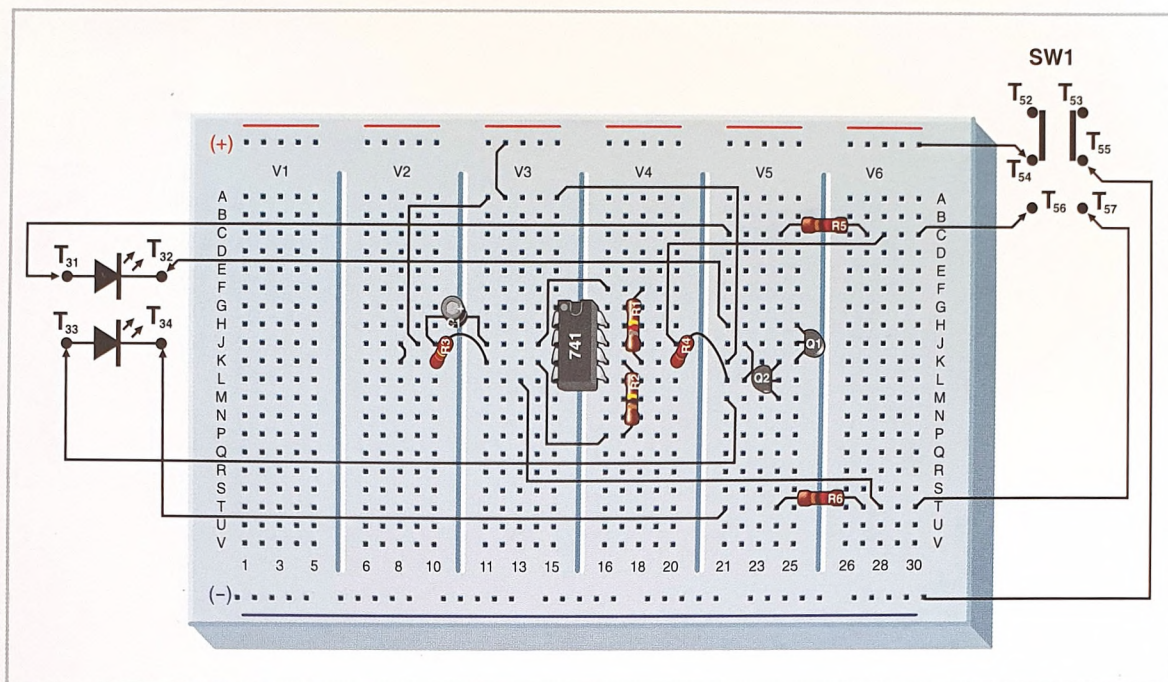
| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 10 K |
| R2 | 56 K |
| R3 | 100 Ω |
| C1 | 22 nF |
| Q1, Q3 | BC558 |
| Q2 | BC338 |
| POT | |
| ALTOPARLANTE | |

dere alcunché: l'altoparlante, cioè, non dovrebbe suonare. Con il circuito regolato, quando gli si avvicina un qualche oggetto caldo, il transistor Q3 si deve attivare e, di conseguenza, l'altoparlante suonerà. È fondamentale che Q1 sia ben collegato perché il circuito funzioni, perché è l'unione base emettitore di questo transistor che agisce come elemento sensore della temperatura. Tuttavia, il non funzionamento del circuito potrebbe essere dovuto a qualche connessione mal eseguita degli altri due transistor. Per provarlo, possiamo avvicinare al transistor, senza toccarlo, una sigaretta accesa: si deve percepire una variazione considerevole della frequenza dell'oscillatore.

*La variazione della tensione dell'unione PN del transistor Q1 cambierà la frequenza dell'oscillatore.*

## Esperimenti

Possiamo provare che per il funzionamento del circuito è importantissimo il punto di polarizzazione del transistor Q1. Possiamo perciò variare il valore della resistenza R1 e/o di R2 diminuendolo. Vedremo come il circuito perda quasi tutta la sensibilità, cessando di funzionare come aveva finora fatto. Se avviciniamo la punta di una sigaretta accesa o di un saldatore, senza però toccare il contenitore del transistor per non bruciarlo, la frequenza diventerà ancora più acuta.

# Circuito per prove di AO

## Rilevatore di livello alto o basso con due transistor.

Questo circuito, in realtà, è un oscillatore che si utilizza per provare gli amplificatori operazionali. Questo semplice montaggio permette di provare in maniera semplice e veloce lo stato degli amplificatori operazionali. A tale scopo, configureremo l'operazionale in maniera tale che lavori come oscillatore astabile; possiamo, così, provare automaticamente il funzionamento dell'uscita, sia a basso livello che ad alto livello.

### Il circuito

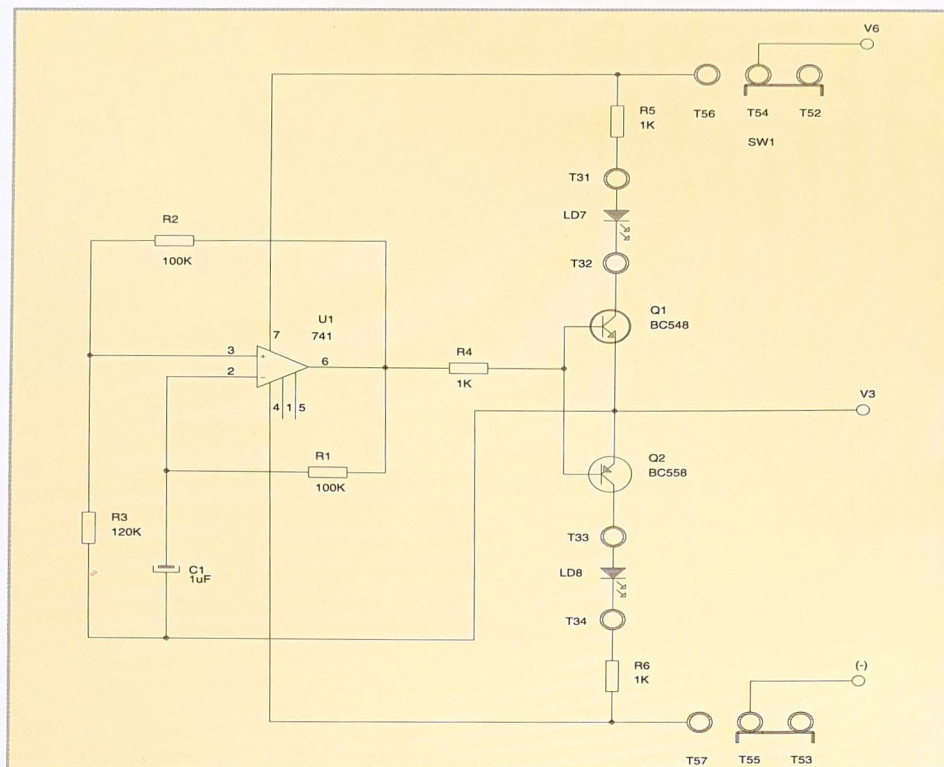
Quando si chiude il doppio interruttore commutatore SW1, l'uscita dell'operazionale avrà un livello che potrà essere alto, + 4,5V, o basso, -4,5V, assumendo come zero la tensione presente in V3, che viene fissata come tensione di riferimento. Supponiamo che sia presente un livello alto, allora il transistor Q1 si attiva e il LED LD8 si illumina. L'entrata non invertente dell'amplificatore operazionale avrà un valore che verrà dato dal divisore di tensione costituito da R2 e R3.

La tensione all'entrata non invertente andrà aumentando mentre il condensatore C1, per mezzo di R1, si carica fino a uguagliare la tensione fissata all'entrata non invertente. Dato che l'amplificatore operazionale funziona come comparatore, la sua uscita cambierà passando a livello basso, -4,5V. In questa situazione, Q1 è interdetto e il LED LD8 si spegne, mentre si illumina LD7, perché Q2 conduce. All'entrata non invertente, invece, avremo una tensione negativa, per cui il condensatore si scaricherà, fino a raggiungere all'entrata invertente, la tensione di quella non invertente. L'uscita passa nuovamente a livello alto, e si ripete tutto il ciclo.

### Funzionamento

La principale funzione che il circuito deve espletare è quella di provare l'uscita dell'amplificatore operazionale in tutti e due i suoi stati, livello alto e livello basso. A tale scopo, si alimenta il circuito con una alimentazione simmetrica di ±4,5V. Si prende come negativo dell'alimentazione il terminale (-) e come tensione di riferimento quella del terminale V3. Con questo, l'uscita dell'oscillatore varierà i propri livelli di tensione tra positivo e negativo. All'uscita sono stati collegati due transistor complementari NPN e PNP per-

*Ha bisogno di un'alimentazione simmetrica*

# Circuito per prove di AO

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R2 | 100K |
| R3 | 120K |
| R4, R5, R6 | 1K |
| C1 | 1 µF |
| Q1 | BC548 |
| Q2 | BC558 |
| U1 | LM741 |
| LD7, LD8 | |
| SW1 | |

ché si azionino, il primo con l'uscita positiva e il secondo con la negativa. In questo modo, possiamo verificare il funzionamento dell'operazionale sia a livello alto che a livello basso.

*In questo caso, il livello basso, non sarà 0V, ma -4,5V.*

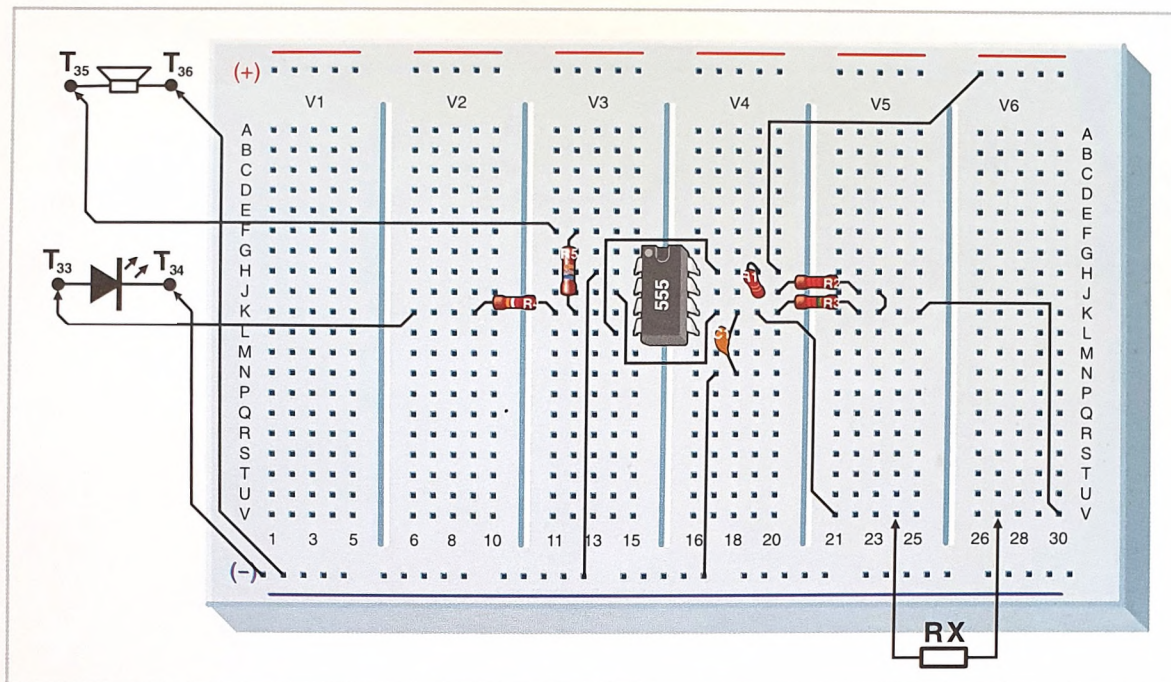
## Messa in funzione

Perché il circuito funzioni, basterà, una volta che sia stato collegato all'alimentazione, azionare il doppio commutatore SW1. Potremo vedere così, come si illuminino alternativamente l'uno o l'altro LED: questo significa che il circuito sta funzionando.

## Esperimenti

Anche se può sembrare tutto una sfida, dobbiamo cercare di provare uno degli amplificatori operazionali dell'LM324. Quindi dovremo rilevare la piedinatura da un precedente schema, cercare i due terminali dell'alimentazione, quelli corrispondenti alle entrate, ed infine l'uscita.

# Ohmmetro acustico

## Tramite i suoni emessi dall'altoparlante potremo distinguere i valori delle resistenze.

Questo esperimento costituisce una piccola applicazione che può aiutare a determinare il valore di una resistenza. Il suono prodotto da una resistenza di cui conosciamo il valore verrà confrontato con quello di una resistenza di cui, invece, non lo conosciamo: ne scopriremo il valore approssimativo.

## Il circuito

Il circuito è costituito da un oscillatore astabile costruito intorno a un 555. Senza collegare nel circuito la resistenza da misurare, l'oscillatore ha una frequenza di uscita piccolissima perché ha una resistenza – R3 – da 2M2. Il diodo LED, quindi, sarà illuminato a intermittenza e l'altoparlante non emetterà un suono udibile. Se colleghiamo una resistenza, quella di cui vogliamo conoscere il valore approssimativo, in parallelo a R3, il valore visto dall'oscillatore cambierà considerevolmente. Ne consegue che cambierà anche la sua uscita. Confronteremo questo suono con quello prodotto da alcune resistenze di cui conosciamo il valore: resistenze uguali danno suoni uguali.

## Funzionamento

Questo circuito può servire quando i colori delle resistenze non sono chiaramente visibili oppure non ne siamo sicurissimi. Per avere un buon funzionamento, è consigliabile disporre di un insieme di resistenze con i seguenti valori: 100, 1K, 10K, 100K e 1MΩ.

Si deve collocare la resistenza di cui vogliamo conoscere il valore in parallelo con R3; ne ascolteremo il suono emesso. Poi, la si toglierà e proveremo via via con l'insieme delle resistenze di cui abbiamo dato i valori fino a trovarne una che produca una frequenza di uscita il più possibile vicina a quella emessa dalla resistenza posta in parallelo con R3. Tutto ciò ci servirà per farci un'idea del valore della resistenza.

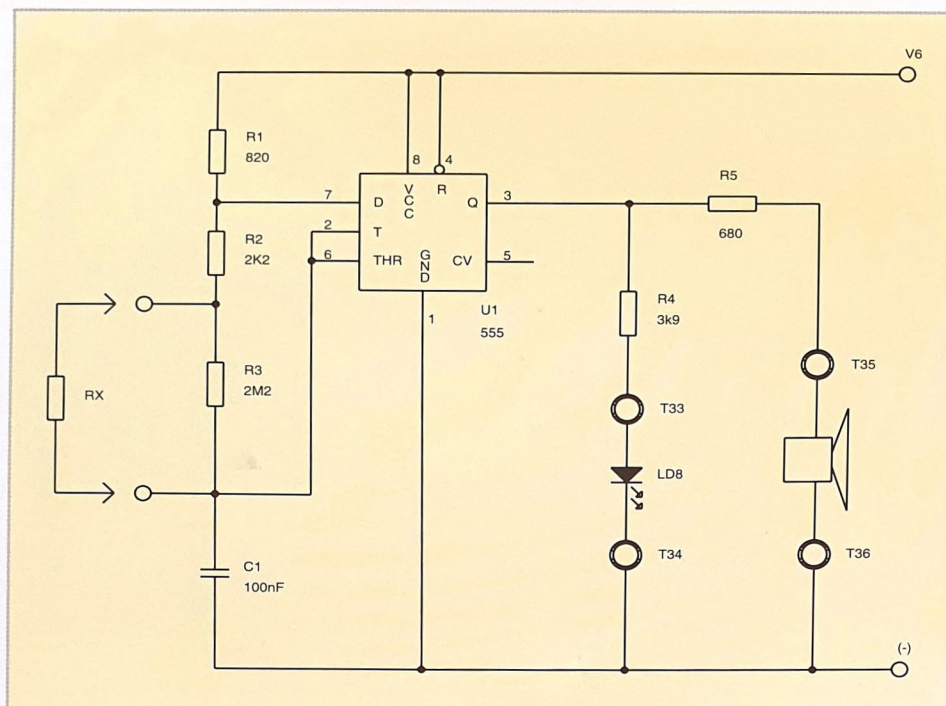
## Messa in funzione

Perché il circuito funzioni correttamente si devono collegare i terminali 4 e 8 del 555 al positivo dell'alimentazione, V6, e il terminale 1 al negativo. La rimanenza dei componenti non ha bisogno di nessuna particolare attenzione, ad eccezione del diodo LED LD8 che è dotato di polarità.

*Misurazione per confronto del suono*

## Esperimenti

Possiamo fare diversi cambiamenti al circuito. Innanzitutto possiamo aumentare un po' il li-

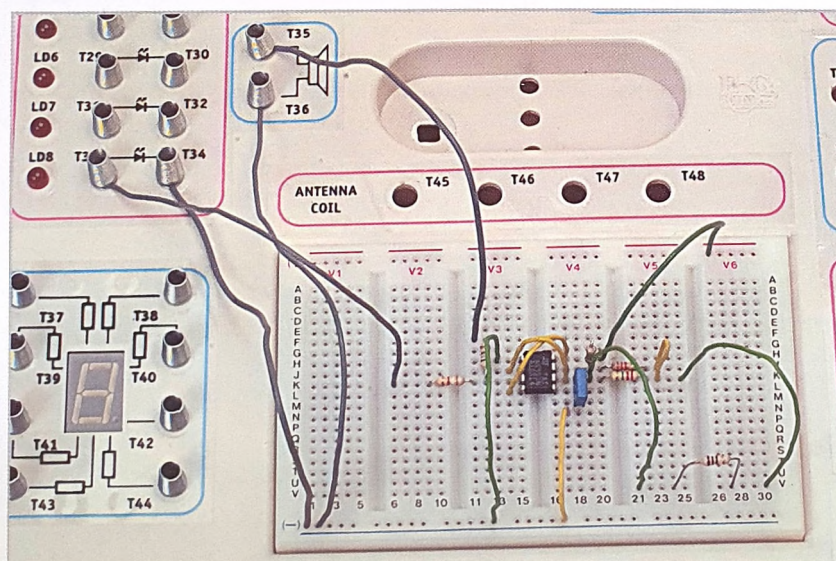
# Ohmmetro acustico

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 820 Ω |
| R2 | 2K2 |
| R3 | 2M2 |
| R4 | 3K9 |
| R5 | 680 Ω |
| C1 | 100 nF |
| U1 | 555 |
| LD8 | |
| ALTOPARLANTE | |

vello del volume di uscita nell'altoparlante. A tale scopo, si deve abbassare il valore della resistenza R5. Non è consigliabile diminuire troppo questo valore perché possiamo caricare molto l'uscita dell'integrato che non può erogare una corrente troppo elevata.

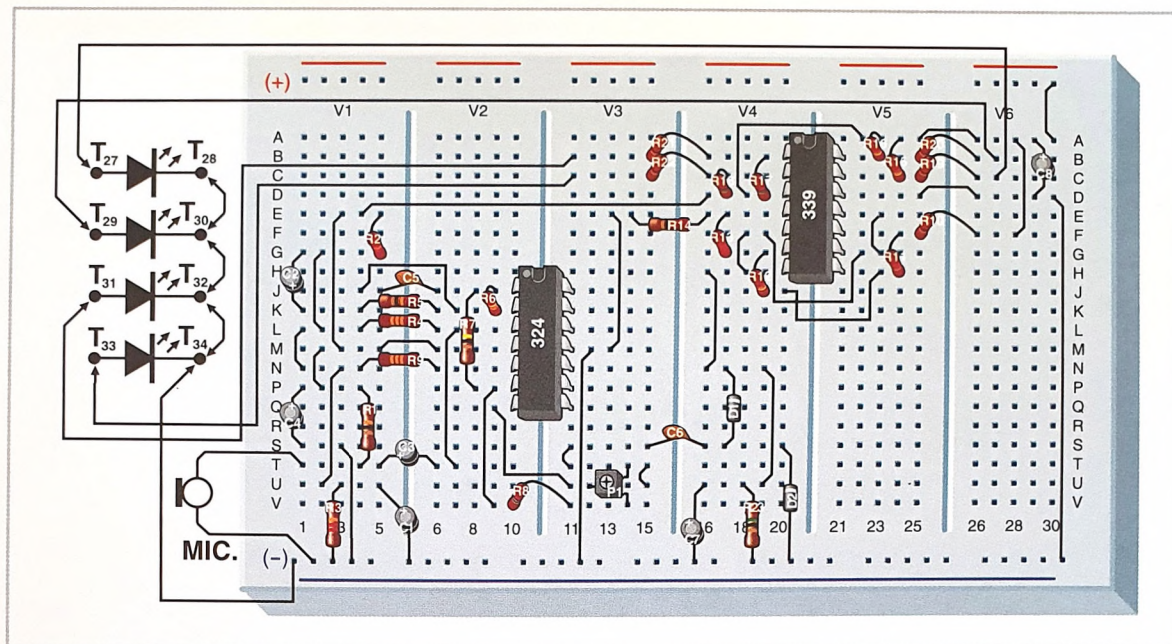
Un altro cambiamento che si può effettuare è quello della frequenza dell'uscita. Perciò si consiglia di cambiare il valore del condensatore C1.

## Un gioco

In realtà, questo circuito ha poca utilità pratica, ma lo possiamo usare come se fosse un gioco destinato a quelle persone che pensano di avere una notevole acutezza uditiva.

Si deve domandare loro di indovinare per ciascun suono il valore della resistenza ad esso associata. Vince chi dà il risultato più vicino al valore effettivo. Si può nascondere il valore stampato sulla resistenza mediante un pezzetto di nastro isolante. Prima di iniziare l'esperimento, però, si deve far loro "sentire" alcune resistenze di cui si conosca il valore in maniera tale da dargli un po' di orientamento.

*Se Rx è minore di 200 K, il parallelo con 2M2 sarà approssimativamente Rx.*

# Indicatore del livello audio

## Segnala il livello audio dell'ambiente mediante quattro diodi LED.

Questo circuito indica mediante l'illuminazione di quattro LED il livello del suono ambientale captato dal microfono. Se il livello del suono captato è insufficiente, i quattro LED rimarranno spenti. Quando, invece, viene captato un suono, i LED, iniziando da LD8 e finendo con LD5, si accendono. Questo sistema di illuminazione si chiama "a colonna": se si illumina un LED, si illuminano anche i precedenti.

### Il circuito

Il circuito include un "pre" per microfono con due stadi amplificatori e regolazione del guadagno tramite il potenziometro P1 fra 17 e 340; ciò consente una veloce calibrazione in base ai diversi livelli del suono captato. L'uscita del "pre" viene rettificata grazie a D1 e D2 e viene utilizzata per caricare il condensatore C7. R23 è la resistenza di scarica del condensatore. In mancanza di quest'ultima il condensatore non avrebbe modo di scaricarsi. La tensione tra i morsetti di C7 scende e sale al ritmo del livello del suono captato e viene portato all'ingresso non invertente dei quattro comparatori dell'LM339. Ciascuno di questi comparatori ha un diverso riferimento di tensione al suo ingresso invertente.

Queste tensioni di riferimento vengono ottenute mediante una rete resistiva formata dalle resistenze R10 e R14. È stata calcolata in maniera tale che se non c'è suono i quattro diodi LED sono spenti, mentre quando il suono aumenta, si illumineranno, in questo ordine, LD8, LD7, LD6 e LD5. LD5 corrisponde al livello massimo. Il livello di tensione che permette l'accensione di uno dei LED provoca anche l'accensione di tutti quelli di livello inferiore.

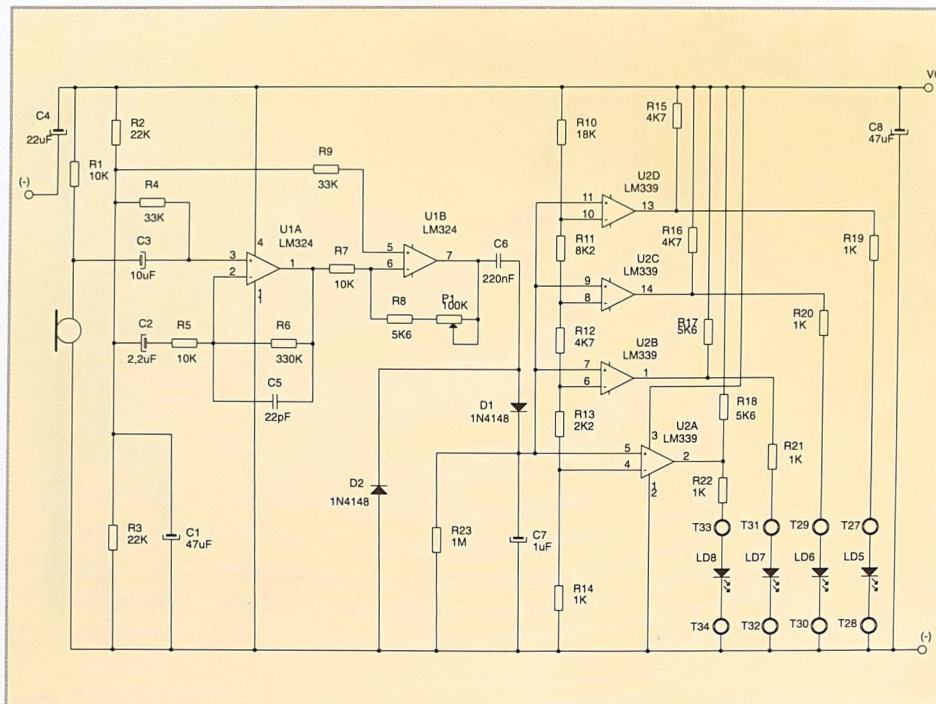
### Esperimento 1

Il primo esperimento consiste nell'utilizzo del circuito così com'è, verificando le diverse regolazioni con il potenziometro P1. Dobbiamo tenere conto della collocazione del microfono e soprattutto del suo orientamento, possiamo addirittura modificarne la risposta, rendendolo più direttivo, inserendolo al fondo di un piccolo tubo di cartoncino di circa 1 cm di diametro, quello del microfono, e di circa 5 cm. di lunghezza con la membrana orientata all'esterno.

*Usa il segnale captato dal microfono*

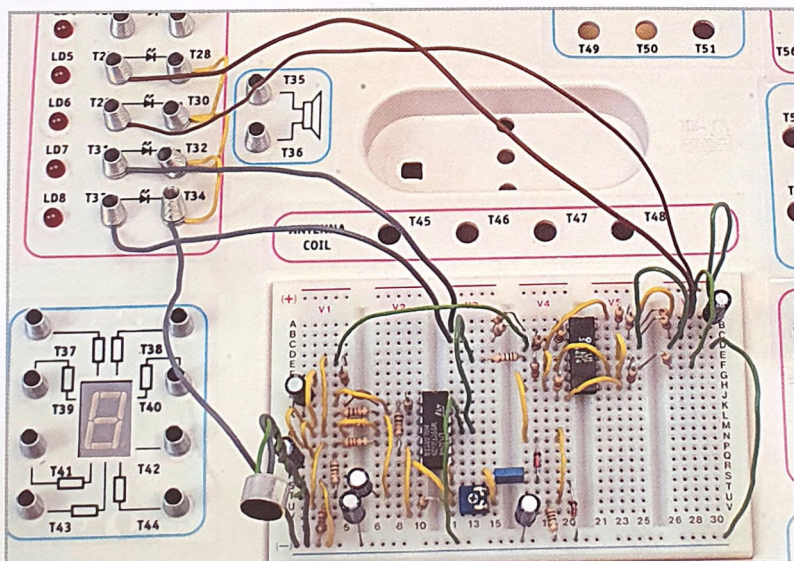
### Esperimento 2

Questo esperimento risulta di grande interesse perché varia i riferimenti del comparatore: li possiamo aumentare o diminui-

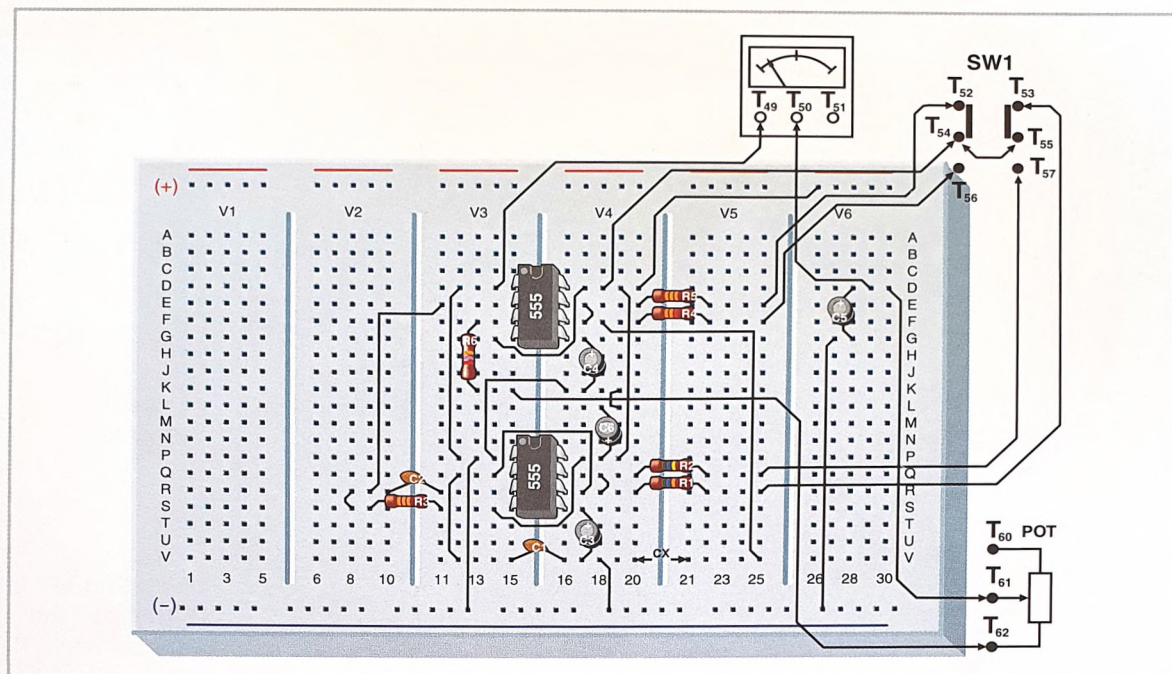
# Indicatore del livello audio

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 10 K |
| R2, R3 | 22 K |
| R4, R9 | 33 K |
| R5, R7 | 10 K |
| R6 | 330 K |
| R8, R17, R18 | 5K6 |
| R10 | 18 K |
| R11 | 8K2 |
| R12, R15, R16 | 4K7 |
| R13 | 2K2 |
| R14, R19, R20, R21, R22 | 1K |
| R23 | 1M |
| P1 | 100 K |
| C1 | 47 µF |
| C2 | 2,2 µF |
| C3 | 10 µF |
| C4 | 22 µF |
| C5 | 22 pF |
| C6 | 220 nF |
| C7 | 1 µF |
| C8 | 47 µF |
| D1,D2 | 1N4148 |
| U1 | LM324 |
| U2 | LM339 |
| MICRO | |
| LD5 a LD8 | |

re tutti cambiando il valore della resistenza R10 o della resistenza R14.

Possiamo modificare anche le resistenze intermedie; è interessante provare con diversi valori. Agli appassionati di matematica diamo come esercizio il calcolo delle tensioni di riferimento. Si tratta di un divisore di tensione perché le entrate del circuito integrato hanno un'alta impedenza d'ingresso. Per calcolare, per esempio, la tensione di riferimento nel terminale 8 dell'LM339, si consideri di avere un divisore con le resistenze. Una di esse è la somma di R10 e di R11, mentre l'altra è la somma di R12, R13 e R14. Se si suppone che la tensione dell'alimentazione sia di 9 Volt, la tensione in questo punto si calcola dividendo 9 Volt per la somma totale delle resistenze (18+8.2+4.7+2.2+1 = 34.1K) e moltiplicandolo per la somma delle resistenze dal pin 8 di U2C verso il negativo (4.7+2.2+1 = 7.9K). Il calcolo complessivo sarà : 9/34100 per 7900 = 2.08 Volt.

In questo modo si possono calcolare le rimanenti tensioni di riferimento oppure delle altre tensioni che risultino dall'eventuale variazione dei valori di qualcuna delle resistenze da R10 a R14.

*Dall'altoparlante si può ascoltare il suono; la frequenza si regola con P1.*

# Capacimetro sperimentale

## Sistema sperimentale per la misura dei condensatori.

In questo esperimento indicheremo come costruire un capacimetro per misurare le capacità e anche come costruire delle scale di misura. Si tratta di un circuito sperimentale perché per costruire uno strumento di misura che garantisca una certa precisione avremo bisogno per la sua calibrazione di un altro strumento dotato di maggior precisione. È utilissimo per confrontare il suo principio di funzionamento.

### Funzionamento

Un oscillatore genera un segnale a frequenza fissa che si utilizza per accendere un monostabile in modo che all'uscita del circuito ci sia un treno di impulsi a frequenza fissa. La larghezza di ciascun impulso dipende dal condensatore Cx che determina il periodo positivo del monostabile. La larghezza di questo periodo dipende dalla capacità, e dato che la frequenza è elevata, l'ago si manterrà al suo posto e misurerà un valore intermedio. Per delle capacità elevate, il segnale di uscita rimarrà quindi per quasi tutto il tempo a livello alto. Questo circuito è realmente semplicissimo e misura in maniera accettabile solamente dopo il primo quarto della scala. Per mutare scala cambieremo la frequenza dell'oscillatore e la larghezza dell'impulso del monostabile. Abbiamo a disposizione due scale, una per le capacità comprese tra 47 e 500 nF e l'altra per le capacità tra 4,7 e 50 µF.

*Impulsi proporzionali alla capacità*

### Il circuito

L'oscillatore è costituito da un 555 – in questo caso U1 – e la frequenza viene cambiata grazie al commutatore SW1 il quale sostituisce la resistenza R1 con la resistenza R2. La larghezza dell'impulso del monostabile U2 si modifica cambiando la resistenza R4 con la resistenza R5, oltre a Cx come detto prima. Realizziamo la connessione allo strumento di misura con i terminali T50 e T49, ma con molte precauzioni, perché la connessione T50 è delicata: infatti è un microamperometro da 200 µA.

### Utilizzo

Prima di effettuare qualunque misura, si deve calibrare il circuito. A tale scopo si scollega la resistenza R4, o la resistenza R5, a seconda della posizione in cui si trova il selettore delle scale. Possiamo farlo facilmente togliendo il cavo di

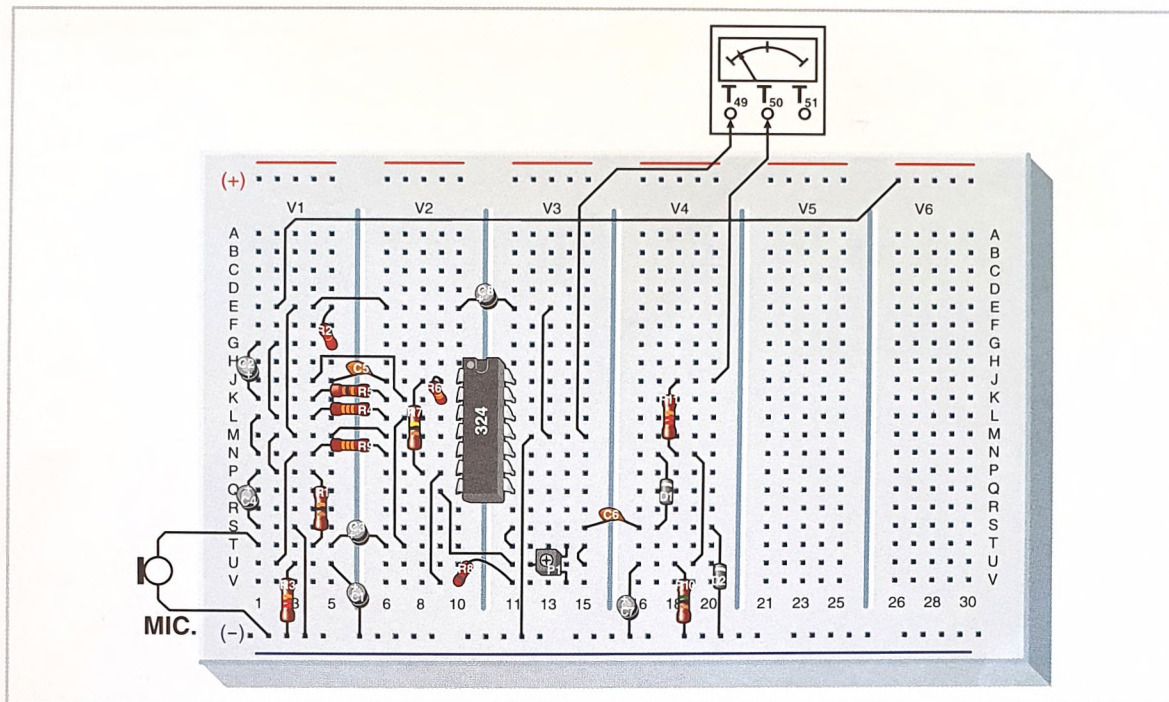
# Capacimetro sperimentale

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 56 K |
| R2 | 560 K |
| R3, R5 | 33 K |
| R4 | 3K3 |
| R6 | 27 K |
| C1 | 470 nF |
| C2 | 470 pF |
| C3, C4 | 1 µF |
| C5 | 220 µF |
| C6 | 47 µF |
| U1, U2 | LM555 |
| POT | |
| STRUMENTO | |
| COMMUTATORE | |

*Capacimetro sperimentale a due scale.*

connessione al terminale delle molle T56 o al terminale T52. Una volta scollegato, si regola il potenziometro al fondo scala 10 e si effettua la connessione. L'apparecchio è pronto alla misura e per verificare il funzionamento gli viene collegato tra i punti di connessione A e B un condensatore di cui conosciamo il valore. La lettura dipende dalla scala; se si utilizza la scala da 47 a 500 nF si moltiplicherà la lettura presa dalla scala superiore dello strumento, da 0 a 10, per 50, per ottenere il valore della capacità in nanoFarad. In un'altra scala, da 4,7 a 50 µF si usa la medesima scala dello strumento, ma in questo caso si moltiplica per 5, così da ottenere il valore della capacità in microFarad. Nella parte più bassa della scala la precisione è molto bassa e quando l'ago si trova in questa zona le letture non risultano attendibili.

# Misuratore del livello audio

## Il livello sonoro captato dal microfono viene indicato dallo strumento di misura.

In questo esperimento viene presentato un circuito che indica il livello audio captato dal microfono. Può essere utilizzato per controllare il livello audio esistente in un'abitazione o semplicemente come se fosse un gioco per bambini, per vedere chi sia capace di mantenere l'ago in una determinata posizione.

Il segnale audio viene rettificato e usato per caricare un condensatore che lo stabilizza, il quale dispone di una resistenza di scarica che evita che esso rimanga carico all'infinito. La resistenza R11 converte il microamperometro da 200 μA in un voltmetro.

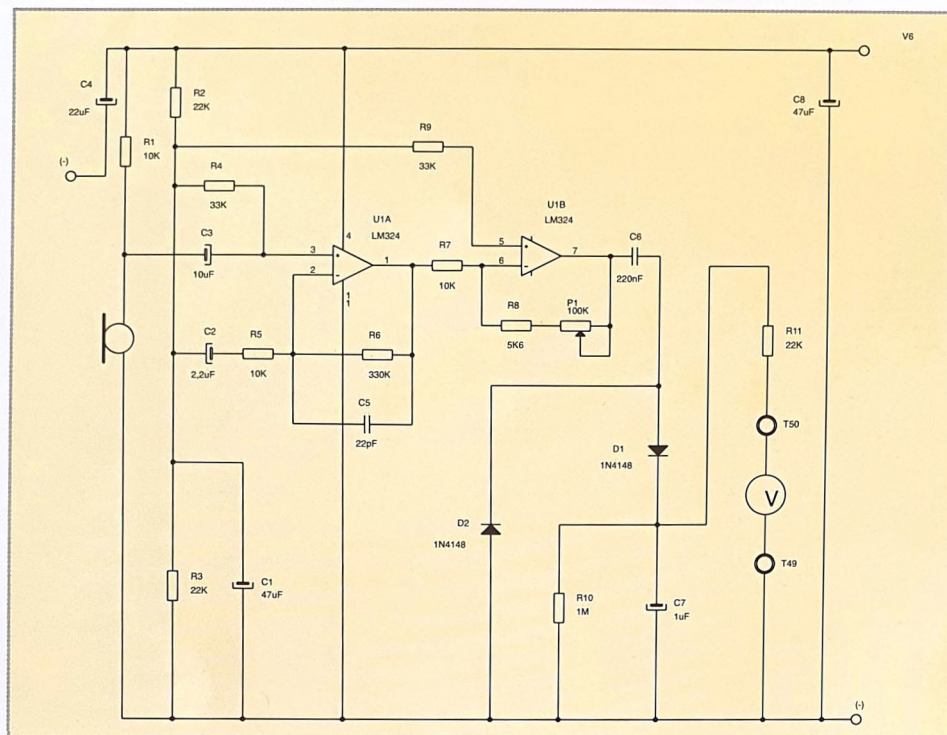
## Il circuito

Il circuito è facilissimo da capire anche perché abbiamo già fatto degli esperimenti con un circuito simile. Il microfono è un microfono electret che ha bisogno di essere alimentato attraverso la resistenza R1; il segnale audio captato viene disaccoppiato dalla polarizzazione della corrente continua per mezzo del condensatore di disaccoppiamento C1 e viene applicato direttamente all'ingresso non invertente dell'amplificatore operazionale U1A, la cui uscita viene nuovamente amplificata. In questo caso il guadagno può essere regolato grazie al potenziometro P1. Il segnale di uscita di quest'ultimo amplificatore operazionale viene anch'esso disaccoppiato, perché ha una componente continua fissa pari a circa metà della tensione di alimentazione. Il segnale alternato passa al condensatore C6, viene rettificato da D1 e D2 e viene utilizzato per caricare il condensatore C7. Perché la carica sia veloce, e quindi produca una lettura veloce, il condensatore deve avere un basso valore. La resistenza R10 scarica il condensatore, onde evitare che rimanga costantemente carico. Il condensatore C5 circoscrive la risposta in frequenza limitatamente alle frequenze più alte della banda audio. Il divisore di tensione formato dalle resistenze R2 e R3 permette di disporre di una tensione pari a circa metà dell'alimentazione per poter polarizzare l'amplificatore operazionale e poterlo alimentare in maniera asimmetrica.

*Indicatore del livello*

## Messa in funzione

Prima di collegare l'alimentazione al circuito si devono verificare tutte le connessioni e tutti i componenti. Una volta effettuata

# Misuratore del livello audio

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1, R5, R7 | 10 K |
| R2, R3, R11 | 22 K |
| R4, R9 | 33 K |
| R6 | 330 K |
| R8 | 5K6 |
| R10 | 1M |
| P1 | 100 K |
| C1, C8 | 47 µF |
| C2 | 2,2 µF |
| C3 | 10 µF |
| C4 | 22 µF |
| C5 | 22 pF |
| C6 | 220 nF |
| C7 | 1 µF |
| D1, D2 | 1N4148 |
| U1 | LM324 |

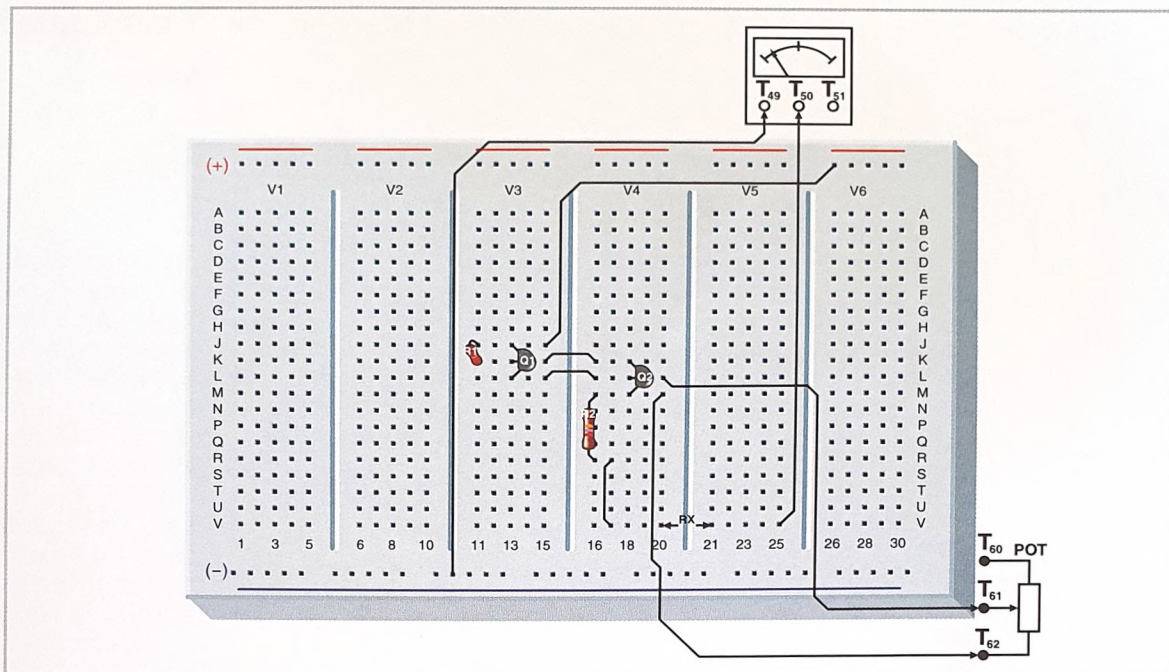
questa operazione, situeremo il cursore del potenziometro P1 a metà circa del suo percorso, collegheremo l'alimentazione e parleremo davanti al microfono: l'ago si dovrà muovere. Grazie a questo potenziometro regoleremo la sensibilità al livello voluto. La misura ottenuta sarà relativa, perché si dovrebbero calibrare sia lo strumento che la resistenza R11. In un apparecchio reale si effettua la calibrazione in maniera tale da segnare una zona della scala che l'ago non deve raggiungere e che corrisponde a livelli di tensione elevati, i quali provocherebbero delle distorsioni nel segnale applicato a determinati apparecchi audio.

*L'ago dello strumento segue le variazioni del livello audio captato dal microfono.*

## Esperimenti

Possiamo utilizzare un condensatore C7 avente una maggiore capacità e una resistenza R10 maggiore; in questo caso la lettura sarà più lenta, sia per quanto concerne lo spostamento dell'ago sia per quanto riguarda la sua discesa in assenza di segnale.

# Misuratore delle resistenze

## Circuito sperimentale per la misura delle resistenze

Spiegheremo in questa scheda come costruire un semplice strumento di misura per le resistenze. Esso consiste di un circuito limitatore della corrente, di una resistenza in serie e dello strumento di misura stesso. Una volta regolata la massima corrente, per determinare il fondo scala si inserisce una resistenza di cui non si conosce il valore: la lettura risulta minore del fondo della scala. In questo caso la lettura aumenta in senso contrario a quello della misura della corrente o della tensione. Dopo aver letto la misura sulla scala da 0 a 10, la si paragona con la scala di conversione posta sotto lo schema. Nei multimetri analogici esiste la possibilità di regolare il fondo della scala ed è prevista anche una scala speciale per la misura delle resistenze.

## Il circuito

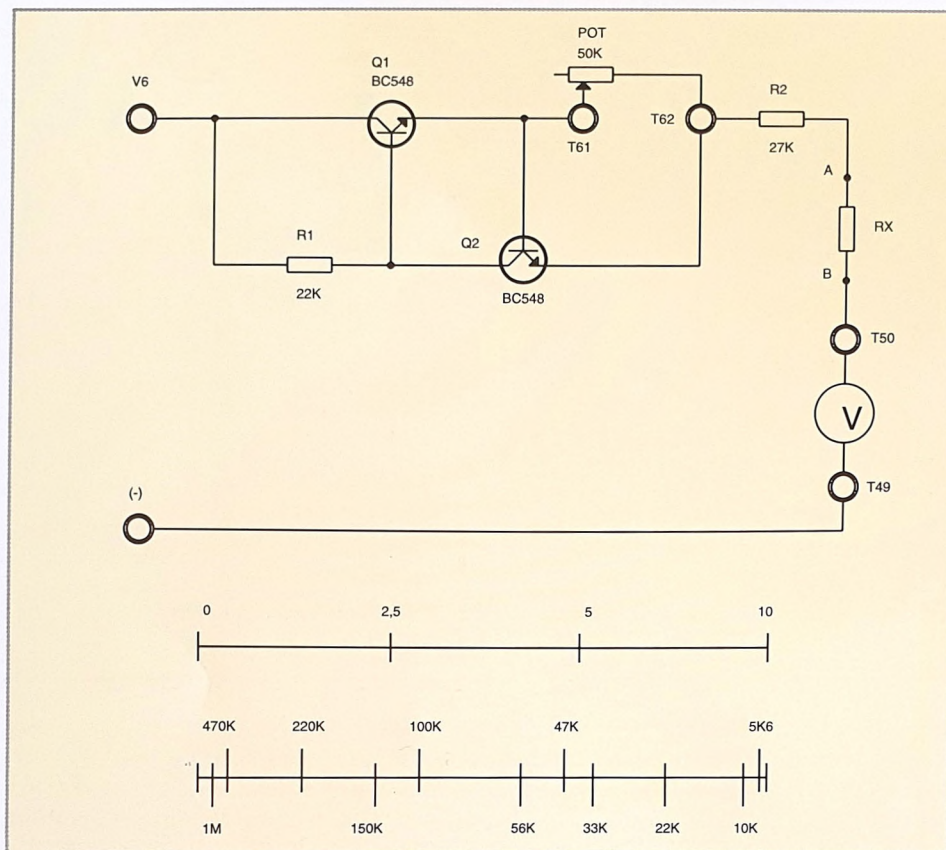
Il circuito è costituito da due transistor che formano un circuito limitatore della corrente, il quale ha il compito di controllare la corrente che circola nel circuito e di conseguenza anche nello strumento. R2 è una resistenza in serie, mentre Rx è la resistenza da misurare. Se osserviamo il circuito, vediamo che il circuito Q2 non conduce fino a quando la sua tensione base/emettitore non supera 0,6 Volt. Ciò succede quando la caduta della tensione nella resistenza, regolata grazie al potenziometro, supera la tensione di soglia. Questo circuito garantisce la protezione dello strumento di misura. Il potenziometro POT viene regolato affinché, quando la resistenza Rx viene tolta e sostituita con un ponte, attraverso lo strumento circolino solamente 200 µA.

## Messa in funzione

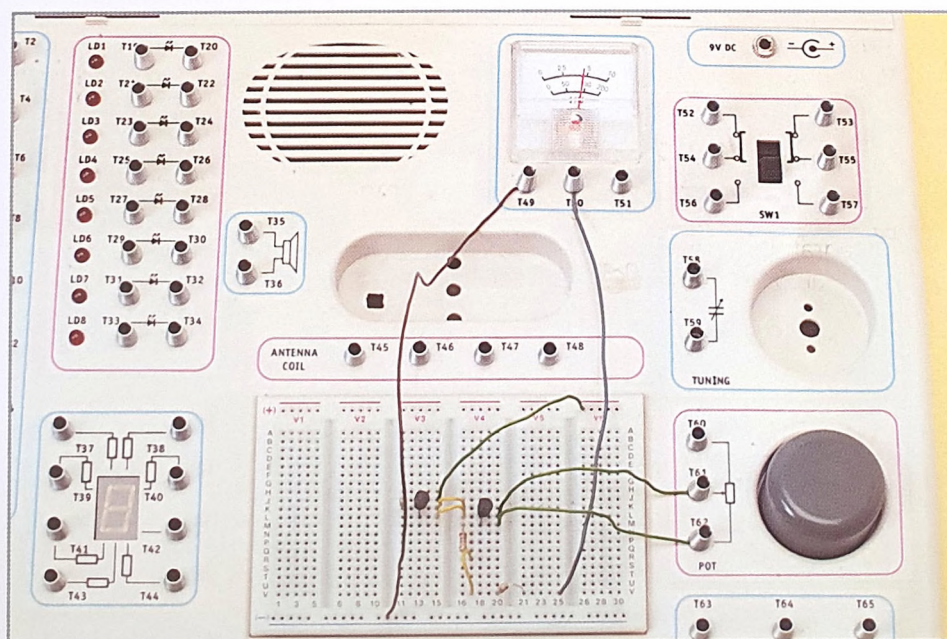
Il circuito è semplicissimo, ha pochi componenti e inoltre i due transistor sono uguali, per cui esistono poche possibilità di commettere degli errori. Naturalmente prima di collegare l'alimentazione conviene rivedere tutte le connessioni e collegare attentamente lo strumento senza dimenticarci della resistenza R2.

Il potenziometro P2 verrà regolato approssimativamente verso la metà del suo percorso. Uniremo i punti A e B e collegheremo l'alimentazione ruotando il comando del potenziometro fino a quando l'ago dello strumento non segni 10; cercheremo di guardare lo strumento standogli esattamente di fronte, per evitare degli er-

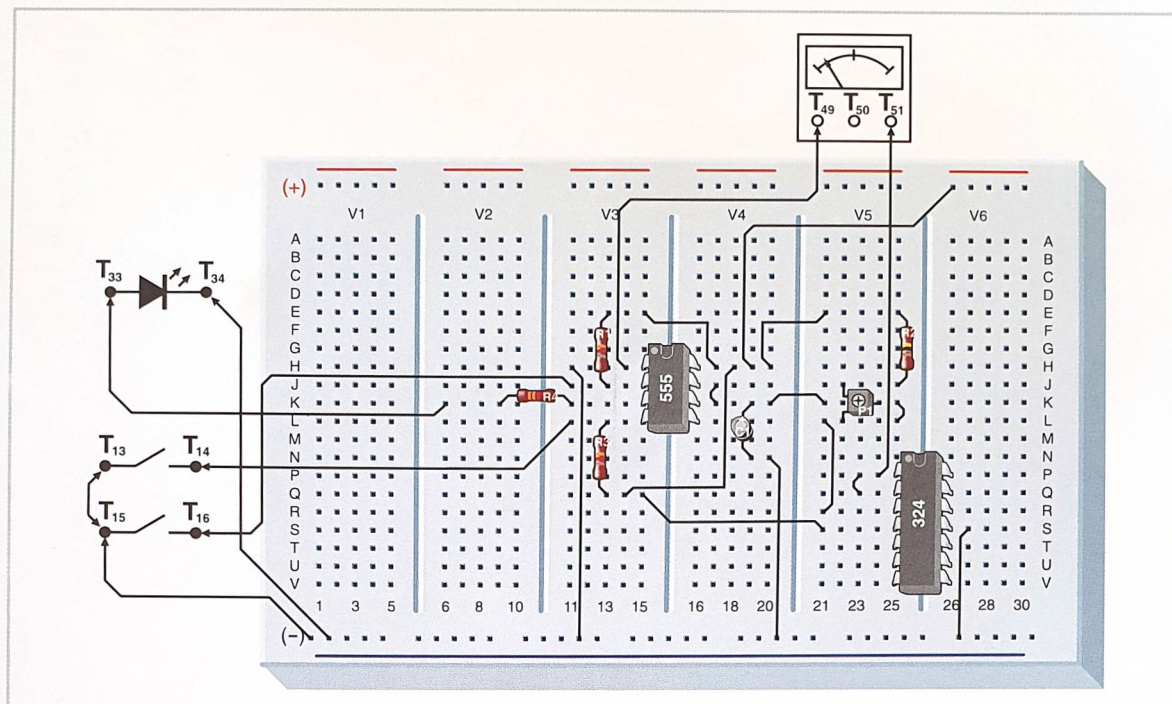
**Ohmetro con strumento ad ago**

# Misuratore delle resistenze

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 22 K |
| R2 | 27 K |
| Q1, Q2 | BC548 |
| POT | |
| STRUMENTO | |

rori "di parallasse" nella stima della posizione dell'ago. Senza muovere il cursore del potenziometro dalla sua posizione, toglieremo il ponte tra A e B e collegheremo tra questi due punti la resistenza di cui non conosciamo il valore. Se l'ago si muove verso una delle estremità della scala, questo ci indicherà che ha un valore che non possiamo misurare con questo circuito; mentre se al contrario si trova in una posizione intermedia, paragoneremo la lettura con la scala indicata di fianco allo schema per conoscere – anche se approssimativamente perché il circuito non è stato calibrato – il valore della resistenza.

In un multimetro, ovviamente, la scala graduata verrebbe posta all'interno dello strumento di misura.

*Circuito sperimentale per la misura delle resistenze.*

# Visualizzatore analogico di carica e scarica

## Il circuito ci permetterà di vedere come evolve la tensione di carica del condensatore.

In questo esperimento utilizziamo il misuratore analogico in una delle applicazioni più importanti cui questo tipo di misuratore è destinato, che consiste nel provare come si producano delle variazioni di tensione, in questo caso quelle di carica e scarica della tensione di un condensatore. Per osservare questo fenomeno si impiega il condensatore di temporizzazione di un tipico circuito monostabile con un 555.

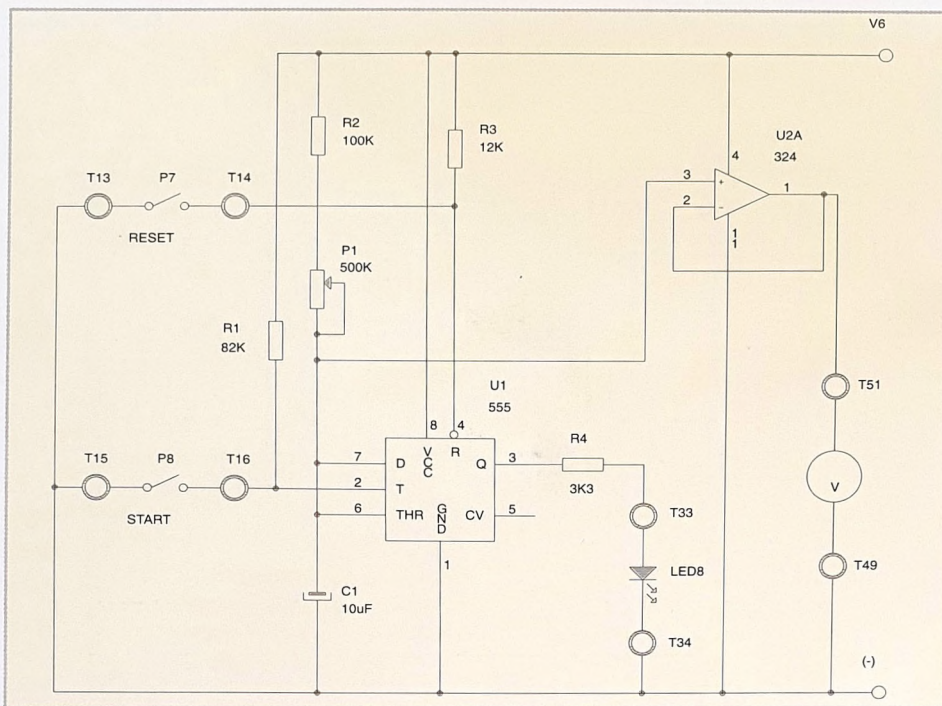
### Funzionamento

Il circuito del nostro esperimento ci permette di ottenere un impulso quadrato di uscita, il cui tempo a livello alto può essere variato attraverso un potenziometro P1. Il suddetto segnale è presente all'uscita – terminale 3 – e potremo vederlo direttamente nel diodo LED LD8. Il segnale ci servirà come riferimento, perché quello che realmente ci interessa è la tensione presente nel condensatore C1. Quando si aziona START, l'oscillatore ha la sua uscita a livello alto, mentre la tensione nel terminale 6 non supera i 2/3 della tensione di alimentazione per cui il condensatore in questa situazione si carica. Quando si supera questa tensione, la tensione dell'uscita passa a livello basso e il condensatore si scarica istantaneamente: la tensione tra le sue estremità passa a 0 Volt.

### Il circuito

In situazione di riposo, il diodo LED LD8 rimarrà spento, la tensione nel condensatore è di 0 Volt, il voltmetro non segnerà nessun valore e il terminale 2 di accensione ha un livello alto. Quando si produce un fronte di discesa nel suddetto terminale, premendo P8, il circuito si accende e l'uscita passa a livello alto, per cui LD8 si illumina. In questo momento, il condensatore inizia a caricarsi attraverso una rete formata da R2-P1 e il condensatore C1. Per poter vedere la tensione di carica del condensatore utilizzeremo l'amplificatore U2A in configurazione di ripetitore (o inseguitore). Questo ha un'impedenza d'ingresso elevatissima, quindi non influenza il funzionamento del monostabile e alla sua uscita avremo esattamente la tensione d'ingresso, cioè la tensione del condensatore. Se avessimo collegato direttamente il voltmetro alle estremità del condensatore, la sua ca-

*La tensione nel condensatore varia tra 0 e 2/3 del valore dell'alimentazione*

# Visualizzatore analogico di carica e scarica

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 82 K |
| R2 | 100 K |
| R3 | 12 K |
| R4 | 3K3 |
| C1 | 10 µF |
| U1 | 555 |
| U2 | LM324 |
| DA P7 A P8 | |
| LD8 | |
| STRUMENTO | |

rica sarebbe cambiata e avremmo dovuto tener conto anche della resistenza dello strumento. L'uscita è attiva fino a che il condensatore raggiunge 6 Volt circa, ciò corrisponde a un tempo dato dall'equazione: $T = 1,1\ (R2 + P1)\ C1$.

## Messa in funzione

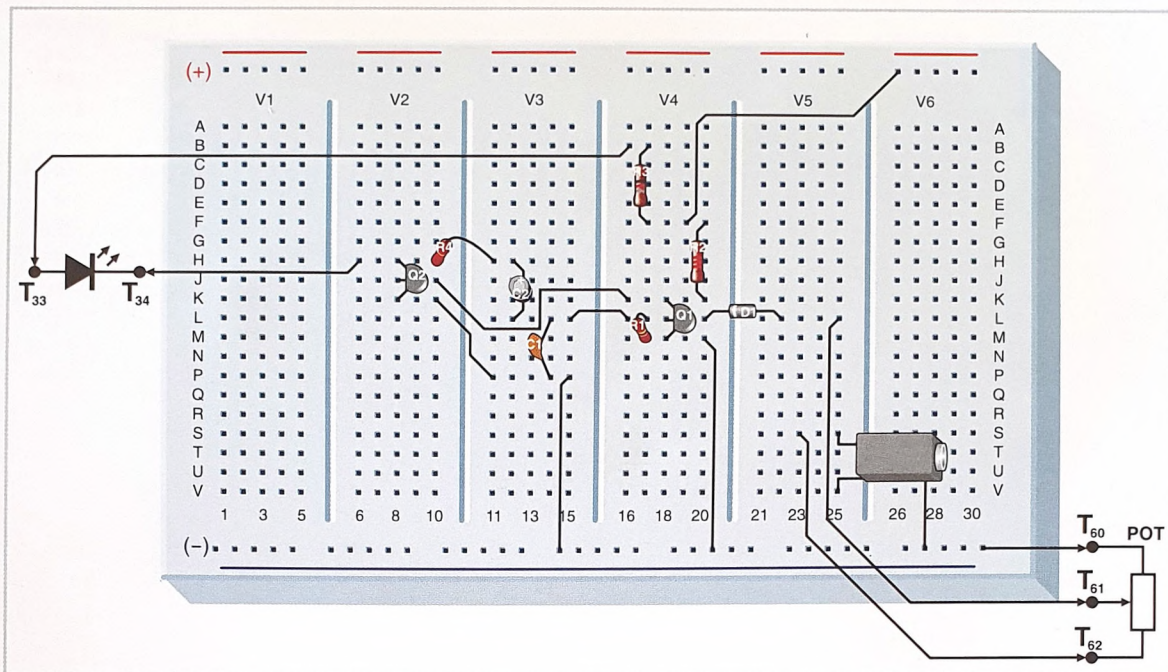
Se regoliamo il potenziometro P1 a zero e azioniamo il pulsante START con il condensatore da 10 µF e la resistenza R1 da 100 K, il segnale di uscita sarà 1,1 secondi a livello alto significa che in questo periodo di tempo, vedremo caricarsi il condensatore da 0 a 6 Volt, dopo il quale tornerà nuovamente a 0 Volt. Prima di collegare il montaggio all'alimentazione, è importantissimo collegare correttamente lo strumento di misura, perchè un errore in questo punto potrebbe dare luogo alla sua immediata distruzione. Se il circuito non funzionasse si deve verificare l'alimentazione degli integrati e la polarità del condensatore C1. Per riuscire a ottenere dei tempi maggiori, basterà aumentare il valore del potenziometro P1. Se in qualsiasi momento del processo di carica, azioniamo il pulsante RESET, il LED LD8 si spegne e la tensione nel voltmetro passa a 0 perché la temporizzazione si ferma.

*Nello strumento, utilizzato in questo caso come voltmetro da '0' a '10' Volt, si può osservare l'evoluzione della tensione di carica del condensatore.*

## Esperimenti

Possiamo anche lasciare il potenziometro fisso a un determinato punto e cambiare il valore del condensatore, per verificare come anche la temporizzazione cambi direttamente con la capacità.

# Rilevatore dei picchi

## Il diodo LED si spegne quando la tensione d'ingresso supera il livello regolato.

Questo piccolo circuito può essere molto utile come protezione per determinare quando il livello di un segnale audio supera una data soglia, e può essere utilizzato per attivare circuiti di protezione più complessi. Il circuito si può utilizzare anche come elemento di protezione, ad esempio per degli altoparlanti.

## Il circuito

Il circuito corrispondente a questo esperimento ha un funzionamento semplice, ma si deve fare particolare attenzione allo stadio di ingresso della tensione. In stato di riposo – senza nessuna tensione presente nell'ingresso – il transistor Q1 sarà in interdizione, per cui il transistor Q2 si attiverà e si illuminerà il diodo LED LD8. Il segnale d'ingresso si applica tramite un connettore JACK; il potenziometro POT viene utilizzato per prendere da T61 una parte proporzionale del livello del suddetto segnale. Dato che non c'è alcun condensatore che elimini la continua, il segnale d'ingresso avrà un livello di continua. Per questo motivo utilizzeremo solamente la parte positiva. Se il livello della tensione è sufficiente si polarizzerà il transistor Q1, il quale si saturerà, e nel suo collettore avremo 0 Volt, che porteranno Q2 in uno stato di interdizione a seguito del quale il LED si spegnerà. La tensione del condensatore C1 verrà scaricata per mezzo della resistenza R1.

*L'allarme risulta temporizzato*

## Funzionamento

Il circuito è capace di rilevare i picchi e di temporizzarli. Dobbiamo innanzitutto fissare mediante il POT un segnale che sarà parte di quello d'ingresso. Se questo segnale non è sufficiente per polarizzare Q1, quest'ultimo andrà in interdizione e Q2, attivato, illuminerà il LED LD8. Questo significa che il livello di tensione d'ingresso è basso, ed è al di sotto del valore di tensione fissato. Se adesso la tensione d'ingresso subisse delle fluttuazioni salendo a valori sufficienti a portare Q1 in saturazione, Q2 passerebbe in interdizione, facendo spegnere il diodo. Questo significa che in alcuni momenti è stato superato il livello della tensione che avevamo stabilito.

## Messa in funzione

Vediamo come fare a fissare il livello della tensione. Supponiamo che all'ingresso la tensione

# Rilevatore dei picchi

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 100 K |
| R2 | 2K2 |
| R3 | 820 Ω |
| R4 | 22 K |
| Q1, Q2 | BC548 |
| C1 | 1 nF |
| C2 | 100 µF |
| LD8 | |
| POT | |

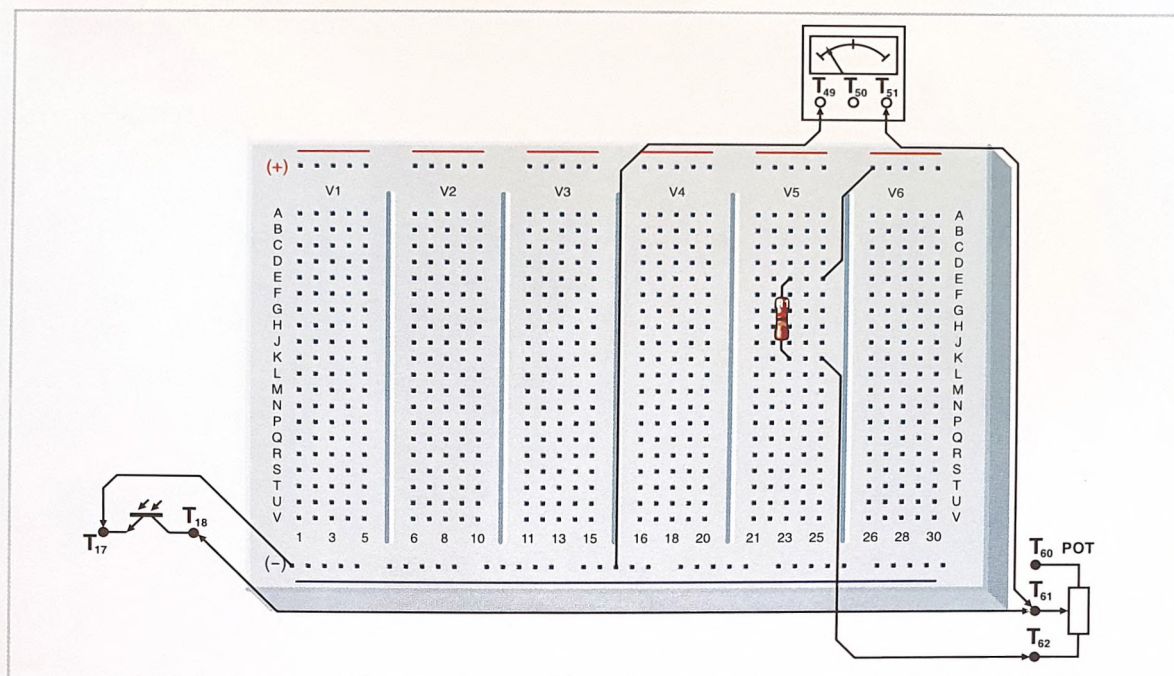
massima sia di 10 Volt e che il potenziometro sia da 50 K; se vogliamo che ci indichi il picco a partire da 7,5 Volt, dovremo fissare la tensione per mezzo del potenziometro regolandolo a tre quarti del suo valore. Una volta fissato il valore, e se tutte le connessioni sono state correttamente eseguite, il circuito deve funzionare collegando un segnale audio all'ingresso. Se il diodo è sempre acceso, regoleremo il potenziometro per abbassare ulteriormente la tensione in T61. Dovrà esserci un punto nel quale il circuito risponde; se così non fosse, aumenteremo il volume del segnale audio. Se non funziona non ci resta che rivedere tutto il montaggio.

*Fissiamo per mezzo del POT la tensione che si vuole rilevare; quando la si supera il LED si spegne.*

## Esperimenti

Se aumentiamo la resistenza R1 verificheremo come il LED LD8 rimane spento per un periodo di tempo maggiore, perché la scarica di C1 diventa più lenta mentre Q1 rimane attivo per più tempo e Q2 rimane in stato di corto.

# Indicatore dell'intensità della luce

## Lo strumento indica l'intensità della luce captata.

Come il transistor anche il fototransistor è un componente che già abbiamo utilizzato in numerosi esperimenti nel corso di questa opera; sappiamo quindi che una volta polarizzato, la tensione dei suoi estremi varia in funzione della luce captata. Vediamo questa caratteristica riflessa nel voltmetro analogico del nostro laboratorio.

### Il fototransistor

Questo componente oltre ad attivarsi con la luce amplifica anche la corrente: la corrente che circola in un fotodiodo è fino a dieci volte minore di quella che circola in un fototransistor. La parte fotosensibile del fototransistor è la giunzione PN fra base ed emettitore che funziona in senso opposto. La luce genera la corrente di base.

*La polarizzazione del transistor influisce sulla sua sensibilità*

### Il circuito

Il circuito è alimentato a 9 Volt e possiamo regolare il punto di polarizzazione, o funzionamento, del circuito per mezzo del potenziometro POT di modo che il componente diventi più o meno sensibile ai cambiamenti della luce. Se regoliamo il cursore del potenziometro a metà circa del suo percorso e gli avviciniamo un'illuminazione artificiale potremo verificare come, dopo aver frapposto un oggetto – potrebbe essere anche la nostra stessa mano – tra la fonte della luce e il fototransistor, la tensione cambi a seconda del livello di luce captato. In realtà si produce una variazione di corrente che modifica la caduta della tensione nella resistenza R1 e nel POT.

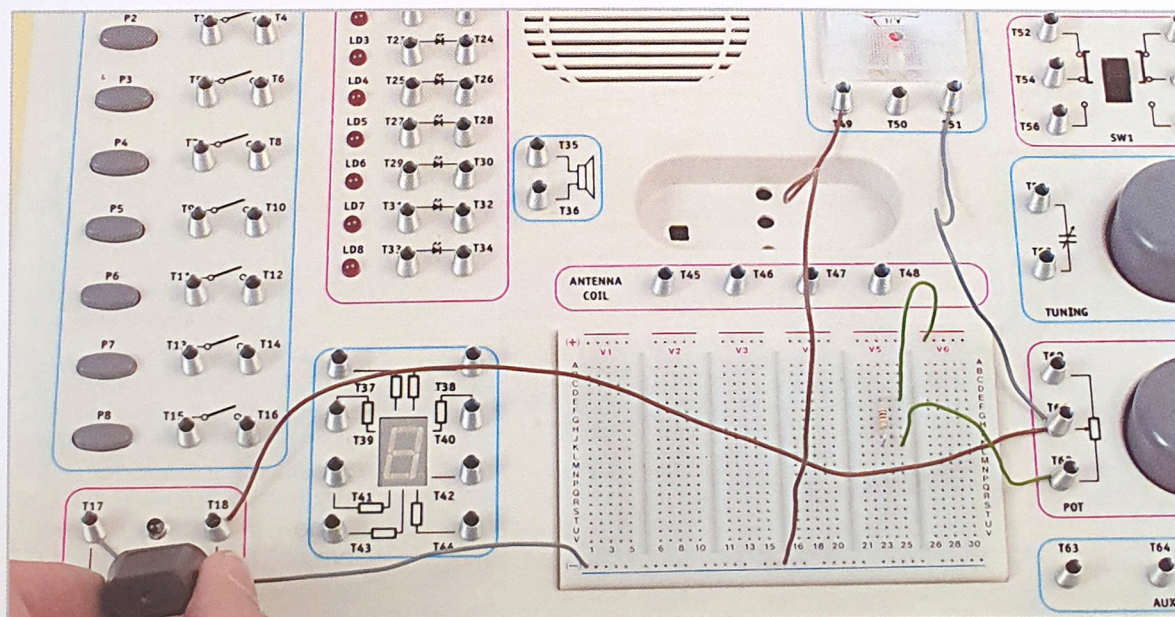
### Messa in funzione

L'unica considerazione importante prima di collegare l'alimentazione del circuito, riguarda la connessione del voltmetro di misura. Dobbiamo tener presente che la tensione nel collettore del fototransistor sarà sempre positiva, per cui collegheremo in questo punto il terminale T51. È interessante fare delle prove con l'alimentazione collegata e il potenziometro regolato su diversi valori: potremo osservare così l'effetto della polarizzazione nel circuito. Non dobbiamo dimenticarci di installare la resistenza R1 che, oltre a essere la resistenza del collettore, limita la corrente massima che circola attraverso il fototransistor.

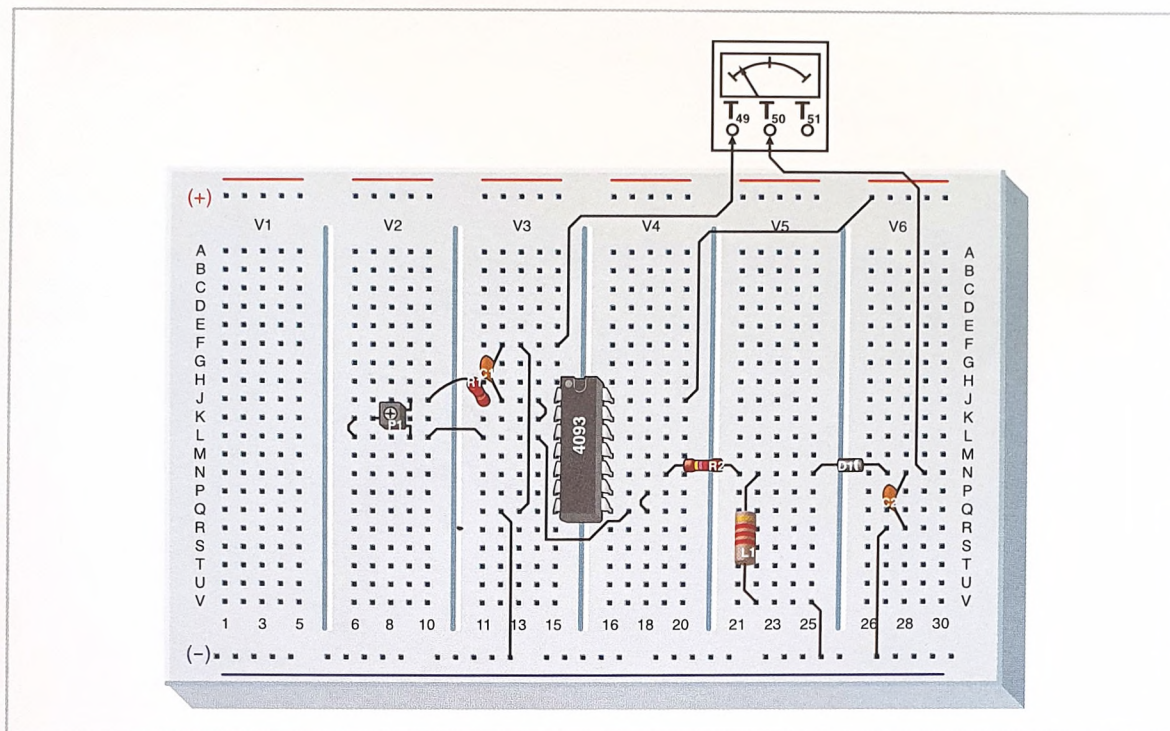
# Indicatore dell'intensità della luce

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 1 K |
| POT | |
| STRUMENTO | |
| FT | |

## Esperimenti

Possiamo far diventare più sensibile il circuito aumentando la resistenza R1, ma non dovremo abbassarne il valore per evitare che circoli attraverso il fototransistor una corrente eccessiva. Consigliamo di provare diverse regolazioni del potenziometro e diversi livelli di luce: aumentando il livello della luce il fototransistor conduce e la lettura effettuata dallo strumento scende di valore.

*Il potenziometro varia la polarizzazione del fototransistor.*

# Discriminatore R-L

## Il circuito serve a differenziare le resistenze delle bobine.

Come abbiamo potuto verificare, l'aspetto di bobina di chock per RF è simile a quello di una resistenza, anche per quanto riguarda la sua identificazione, dato che ha lo stesso codice a colori per quantificarne il valore. Per poter distinguere una resistenza da una bobina è stato progettato questo piccolo circuito sperimentale.

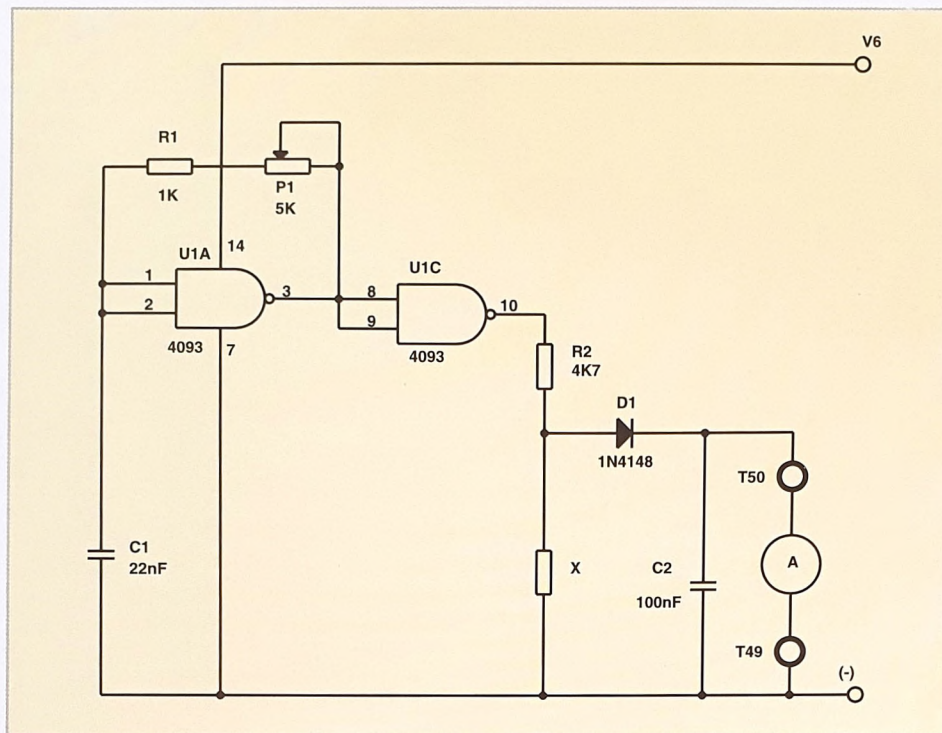
## Il circuito

Il circuito è basato fondamentalmente su di un oscillatore costruito con una porta NAND del tipo Trigger-Schmitt che, oltre a erogare dei livelli di uscita definiti – sia a livello alto che a livello basso – ha molta stabilità. La frequenza di uscita può essere variata per mezzo del potenziometro P1 all'interno del range da 9,4 a 44 kHz. L'uscita dell'oscillatore viene collegata a un'altra porta NAND configurata come invertente. In questo modo non si carica l'uscita dell'oscillatore e se ne assicura il funzionamento. La sua uscita viene collegata in serie a una resistenza R2, e al componente chiamato "X", di cui si vuole sapere se sia R o L (resistenza o induttanza). La tensione esistente tra le estremità del componente X viene rettificata con il diodo D1 e il condensatore C2, il quale integra la tensione che il voltmetro misurerà eliminando in parte anche il ripple rimanente.

## Funzionamento

Se il componente che si vuole verificare è una resistenza normale, questa insieme a R2 formerà un partitore resistivo fisso, quindi anche se la frequenza dovesse cambiare – dato che il periodo alto e quello basso sono uguali – il valore medio può essere considerato costante e il voltmetro riporterà sempre allo stesso valore. Se invece si inserisce una bobina, quest'ultima possiede un'impedenza che aumenta con l'aumentare della frequenza. Se consideriamo solamente la parte reale, il suo valore espresso in Ohm è $Z = 2*\pi*f*L$ in cui: $\pi = 3,1415$, f = frequenza del segnale applicato ai suoi estremi e L = induttanza della bobina. Vedremo così che la resistenza che presenta varia con la frequenza, per cui variando il potenziometro P1, cambierà anche la tensione misurata dal voltmetro.

*L'impedenza di una bobina aumenta con l'aumentare della frequenza*

# Discriminatore R-L

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 1 K |
| R2 | 4K7 |
| P1 | 5 K |
| C1 | 22 nF |
| C2 | 100 nF |
| U1 | 4093 |
| D1 | 1N4148 |
| STRUMENTO | |
| X = R | 680 Ω |
| X = L | 2.200 µH |

## Messa in funzione

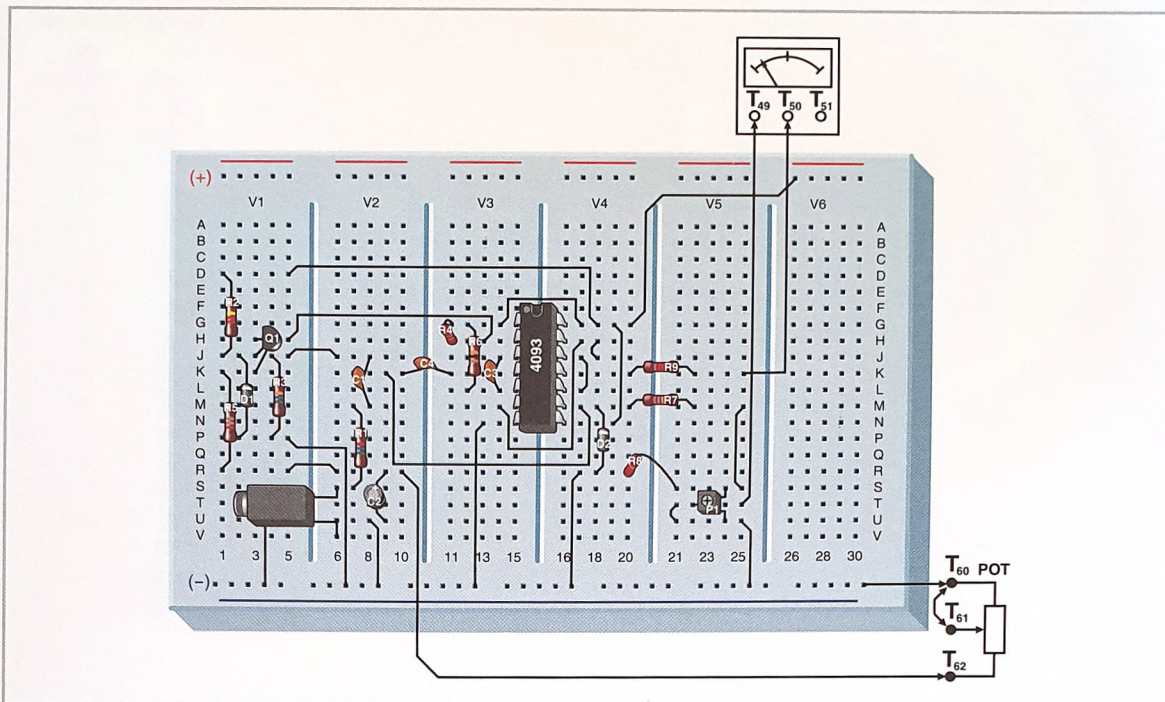
È importantissimo rivedere tutte le connessioni del voltmetro: T49 (-) e T50 (+), la connessione dell'alimentazione del circuito integrato: terminale 7, negativo dell'alimentazione e terminale 14, prima di effettuare la connessione dell'alimentazione del circuito. Per verificare il circuito utilizzeremo una resistenza R da 680 Ω che inseriremo in X e varieremo P1. In seguito inseriremo la bobina da 2.200 µH (rosso, rosso, rosso) e varieremo P1. Leggeremo in tutti e due i casi la tensione letta dal voltmetro.

*L'impedenza della bobina aumenta con l'aumentare della frequenza.*

## Esperimenti

Possiamo variare la frequenza dell'oscillatore cambiando il valore di R1 e/o C1 e osserveremo che l'effetto si mantiene.

# Misuratore di frequenza

## Otteniamo un segnale continuo proporzionale alla frequenza d'ingresso.

L'esperimento si propone di misurare la frequenza di un segnale collegato all'ingresso audio: la frequenza verrà misurata in microAmpère con uno strumento di misura. Il circuito effettua una conversione frequenza/corrente per cui innanzitutto si adatta il segnale d'ingresso e poi si genera un segnale con una tensione proporzionale alla frequenza.

## Il circuito

Il segnale di cui vogliamo misurare la frequenza viene applicato all'ingresso 'AUDIO INPUT'. Il segnale arriva alla base del transistor Q1 polarizzato in continua per mezzo delle resistenze R2 e R3 e del diodo zener D1. Il segnale d'ingresso dopo essere stato leggermente regolato mediante il POT interdirà il transistor durante la semionda negativa e lo saturerà in quella positiva.

L'uscita del collettore quindi sarà direttamente a livello alto o a livello basso, questo permetterà di ottenere un treno di impulsi alla medesima frequenza del segnale audio. I suddetti livelli sono adatti ad essere collegati alle porte logiche; ogni volta che il segnale nel collettore di Q1 passa da 1 a 0 vengono generati dei piccoli impulsi, da 1 a 0 nel caso di U1A e positivi da 0 a 1 nel caso di U1B.

La frequenza degli impulsi dipende dalla frequenza del segnale d'ingresso e quindi anche la corrente circolante sarà proporzionale ad essa. Questa corrente verrà misurata dallo strumento.

*Le porte logiche generano un impulso in ogni periodo dell'ingresso*

## Funzionamento

Il segnale d'ingresso è applicato a un transistor che costituisce un conformatore di impulsi. Può essere triangolare, sinusoidale, quadrato eccetera e si converte in un'onda quadra con la medesima frequenza. Il segnale adattato ha i livelli logici giusti per lavorare con le porte logiche digitali. La rete C3-R6 rileva il passaggio a zero del segnale quadrato e genera un impulso molto stretto nel terminale d'ingresso 5 di U1B. Quest'ultimo a sua volta ne genera un altro più largo.

Gli impulsi verranno prodotti a intervalli di tempo tanto minori quanto maggiore sarà la frequenza del segnale d'ingresso e tanto mag-

# Misuratore di frequenza

| COMPONENTI | |
|---|---|
| R1 | 5K6 |
| R2 | 220 K |
| R3 | 56 K |
| R4, R6 | 10 K |
| R5 | 270 Ω |
| R7 | 18 K |
| R8 | 22 K |
| R9 | 8K2 |
| P1 | 100 K |
| C1 | 220 nF |
| C2 | 100 µF |
| C3 | 100 pF |
| C4 | 10 nF |
| D1 | ZENER 5V6 |
| D2 | 1N4148 |
| Q1 | BC548 |
| U1 | 4093 |
| POT | |
| STRUMENTO | |
| JACK | |

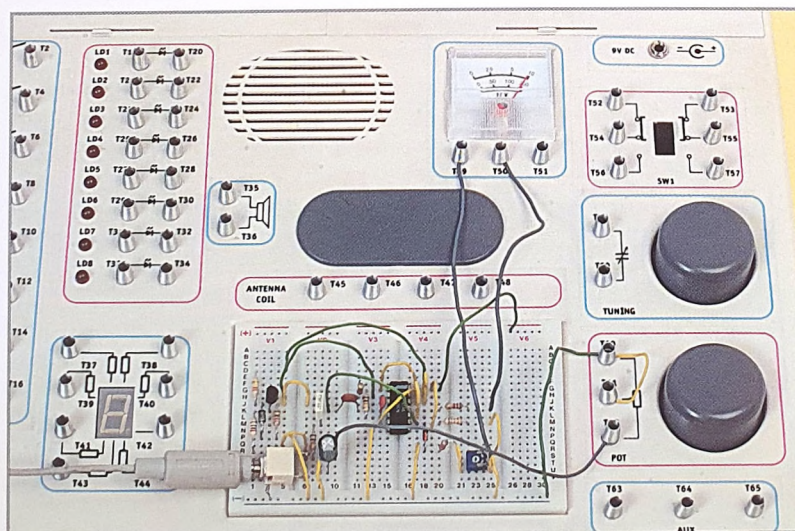
giori quanto minore sarà la frequenza del segnale d'ingresso.

Quanti più impulsi ci saranno (maggiore frequenza) tanto più il valore medio del segnale – la tensione continua cioè – salirà, per cui circolerà maggior corrente e l'ago dello strumento di misura segnerà un valore più alto. Invece, quanto minori saranno gli impulsi (frequenza minore) tanto più il valore medio sarà basso, e di conseguenza scenderà anche la corrente circolante; l'ago indicherà un valore minore.

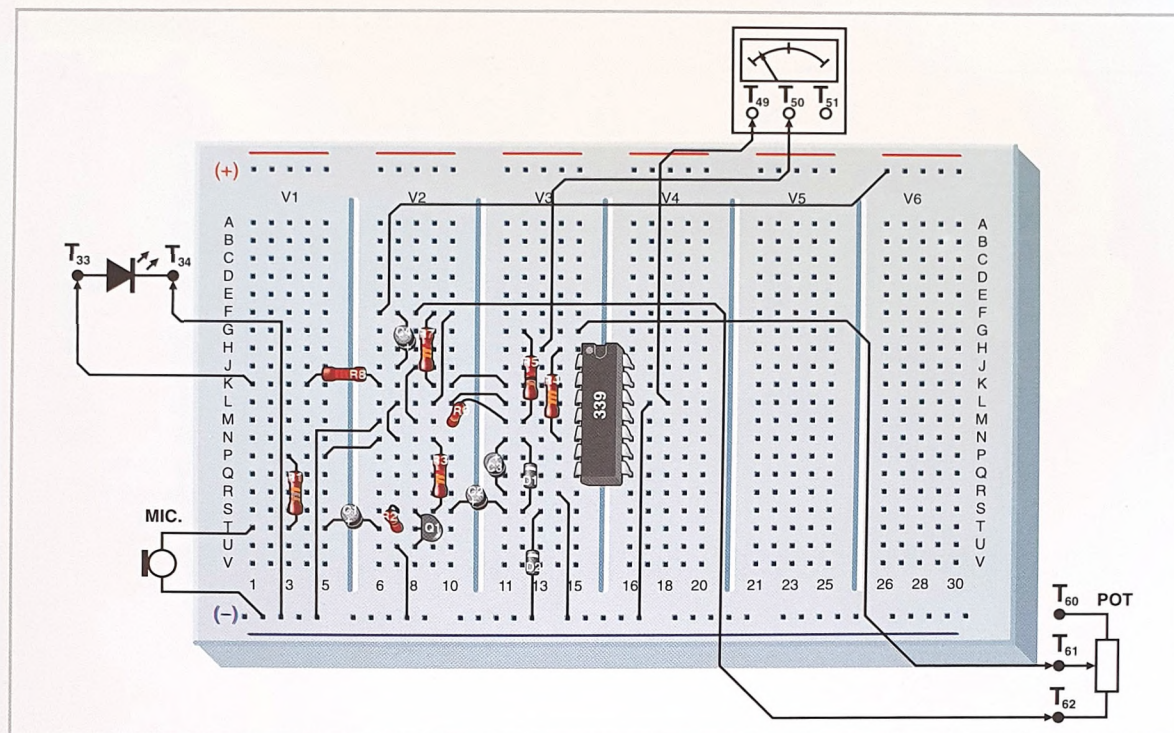
## Messa in funzione

Innanzitutto è importante non cambiare la polarità dello strumento, collegando correttamente tutti e due i terminali. Si deve fare attenzione anche alla connessione del transistor Q1 e del diodo zener D1, di cui si deve collegare l'anodo al negativo dell'alimentazione.

Il range di misura del frequenziometro sarà da 100 Hz a 2 kHz e la misura si ottiene moltiplicando il valore ottenuto nella scala da 200 per 10.

Per calibrare lo strumento possiamo collegare all'ingresso un oscillatore calcolato per una frequenza fissa di 1 kHz e regolare P1 fino a quando l'ago non indichi 100.

*La tensione all'uscita di U1D è proporzionale alla frequenza d'ingresso.*

# Indicatore del livello audio con spia

## Lo strumento indica le variazioni del livello audio d'ingresso.

Questo esperimento si propone due finalità: da un lato lo strumento di misura indica il livello del suono captato dal microfono d'ingresso dopo la preamplificazione, e dall'altro lato un diodo LED indica quando questo livello supera la soglia precedentemente fissata dal potenziometro.

## Il circuito

Il circuito captatore è costituito da un piccolo preamplificatore del segnale microfonico.

La resistenza R1 polarizza il microfono, condizione indispensabile affinché questo tipo di microfono funzioni.

Il segnale captato, dopo aver attraversato un condensatore, arriva alla base di un transistor configurato come amplificatore ad emettitore comune.

Il segnale captato e amplificato viene preso direttamente dal collettore e, per mezzo del condensatore C2, viene eliminata la componente continua. Grazie al diodo D2 vengono eliminati i picchi negativi del segnale alternato, mentre la parte positiva attraversa il diodo D1 e carica il condensatore C3 ad un livello che dipende dal segnale captato. La tensione si scarica mediante la resistenza R4 e quella dello stesso strumento di misura.

Questo livello di tensione è quello che si usa per il confronto. La tensione di riferimento del comparatore viene stabilita con il potenziometro POT nel terminale invertente del comparatore.

*Quando si supera il livello fissato, il LED si illumina*

## Funzionamento

Forse la parte più importante del montaggio è la prima, che realizza la conversione del suono captato in una tensione proporzionale sopra un condensatore. Oltre all'accumulo di carica, la funzione del condensatore è anche quella di impedire improvvisi cambiamenti di tensione, che farebbero muovere bruscamente l'ago rischiando di distruggere lo strumento.

La tensione si confronta con

# Indicatore del livello audio con spia

## COMPONENTI

| | |
|---|---|
| R1 | 18 K |
| R2 | 1 M |
| R3, R7 | 3K3 |
| R4 | 33 K |
| R5 | 1 K |
| R6 | 4K7 |
| R8 | 2K2 |
| C1 | 22 µF |
| C2 | 10 µF |
| C3 | 4,7 µF |
| C4 | 47 µF |
| D1, D2 | 1N4148 |
| Q1 | BC548 |
| U1 | LM339 |
| MICROFONO | |
| STRUMENTO | |
| POT | |
| LD8 | |

il livello prefissato in un comparatore in modo tale che il LED di uscita si illumini quando il livello di riferimento viene superato.

*Il potenziometro fisserà il livello massimo*

## Messa in funzione

Per assicurare il funzionamento del circuito, prima di collegare l'alimentazione, dovremo rivedere con molta attenzione le connessioni di tutti i componenti, soprattutto la polarità dei due transistor, dei diodi e dei condensatori elettrolitici. Dovremo inoltre prestare attenzione anche alla connessione dell'alimentazione del comparatore.

## Esperimento

Possiamo aumentare la capacità di C3 e, in questo modo, vedremo che l'ago si muoverà più lentamente perché il condensatore riceve più carica e quindi tende a mantenerla.